



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

NOMBRE DE LA ESCUELA SUPERIOR O INSTITUTO

MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

PRODUCTO DE FORMACIÓN

TÍTULO DE PROYECTO

**PROGRAMA MUNICIPAL DE PREVENCIÓN Y
GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS EN VILLA DE TEZONTEPEC, ESTADO
DE HIDALGO**

Para obtener el grado de

Maestro en Gestión Ambiental

PRESENTA

ADRIANA CARAPIA AVILA

Director (a)

DRA. SYLVIA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

Comité tutorial

DRA. MARÍA DEL CARMEN LÓPEZ RAMÍREZ

DR. OTILIO ARTURO ACEVEDO SANDOVAL



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Biología

Department of Biology

Mineral de la Reforma, Hgo., a 02 de abril de 2025

Número de control: ICBI-AAB/287/2025

Asunto: Autorización de impresión.

MTRA.OJUKY DEL ROCIO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH

El Comité Tutorial del nombre del producto que indique el documento curricular del programa educativo de posgrado titulado **“Programa Municipal de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en Villa de Tezontepec, Estado de Hidalgo”**, realizado por la sustentante **Adriana Carapia Ávila** con número de cuenta **477644** perteneciente al programa de **MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**, una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Por lo que el sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.

Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”

El Comité Tutorial


Dra. Sylvia Martínez Hernández
Vocal


Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval
Presidente


Dra. María del Carmen López Ramírez
Secretario



DMGH/

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 40063, 40064 y 40065
aab_icbi@uaeh.edu.mx, maritzal@uaeh.edu.mx

“Amor, Orden y Progreso”



2025



uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento a la **Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo**, así como a su destacado equipo académico, por el respaldo, la orientación y la confianza brindados durante el desarrollo del presente proyecto de investigación. Su compromiso con la formación académica y científica ha sido un pilar fundamental para la realización de este trabajo.

Mi reconocimiento y gratitud al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por haber otorgado el financiamiento necesario para llevar a cabo este proyecto. Su apoyo representa una valiosa contribución al fortalecimiento de la investigación en México y al impulso del conocimiento científico y tecnológico.

De igual manera, agradezco al **municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo**, por su disposición, confianza y continuo interés en el seguimiento del proyecto, lo cual permitió establecer un vínculo directo entre la investigación académica y las necesidades reales de la comunidad.

Asimismo, extiendo un especial agradecimiento al **Departamento de Calidad del Suelo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del estado de Hidalgo**, por su valiosa retroalimentación técnica y su acompañamiento durante las distintas etapas del proyecto. Su colaboración fue clave para enriquecer los resultados obtenidos y orientar su aplicación en beneficio del entorno ambiental.

A todos ustedes, gracias por su apoyo y por hacer posible esta experiencia de aprendizaje y crecimiento profesional.

DEDICATORIAS

De Adriana Carapia Ávila,

A mi padre, por ser mi pilar más fuerte, mi ejemplo constante de esfuerzo y disciplina. Gracias por sembrar en mí valores nobles, tu guía real y tu sostén en los momentos más difíciles.

A mi abuelita, a mi hermano y a mi madre, por estar siempre a mi lado, brindándome apoyo en cada decisión que he tomado. Gracias por siempre estar.

A mis damas de honor, gracias por levantarme cuando el camino se complicó, por su tiempo sincero y por su compañía incondicional. Su amistad ha sido un regalo en esta etapa de mi vida.

Y a Astrid, mi confidente, consejera y cómplice, gracias por crecer conmigo, tu compañía fue y será luz en mi camino.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	2
ABREVIATURAS	3
LISTADO DE TABLAS	4
LISTADO DE FIGURAS	4
RESUMEN	5
I. INTRODUCCIÓN	6
II. MARCO TEÓRICO	6
III. JUSTIFICACIÓN	7
IV. OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS PARTICULARES	8
V. MATERIALES Y MÉTODOS	8
LOCALIZACIÓN	8
LOCALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA PARA LOS ESTUDIOS DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	9
RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PREVIA	10
SELECCIÓN DE MUESTRAS	10
PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	10
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN FUENTES DOMÉSTICAS	11
DETERMINACIÓN DE RESULTADOS	18
CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	20
PROYECCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	22
<i>Proyección de la Población</i>	22
<i>Crecimiento de la Generación de Residuos Sólidos</i>	24
VII. CONCLUSIONES	26
VIII. REFERENCIAS	28
IX. ANEXOS	29

ABREVIATURAS

CONAPO	Consejo Nacional de Población
DOF	Diario Oficial de la Federación
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
LGPGIR	Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos
PET	Polietileno de tereftalato
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
RME	Residuos de Manejo Especial
RP	Residuos Peligrosos
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Índice de marginación	9
Tabla 2. Delimitación y selección de número de muestras del Área en Estudio	10
Tabla 3. Registro de pesaje Estrato Único	11
Tabla 4. Resultados de análisis estadístico	14
Tabla 5. Generación de RSU en el municipio de Villa de Tezontepec.....	18
Tabla 6. Cálculo de RSU no domiciliarios en Villa de Tezontepec, Hidalgo.....	18
Tabla 7. Generación anual de RME en Villa de Tezontepec.....	19
Tabla 8. Residuos de Manejo Especial generados en Villa de Tezontepec (2023).....	19
Tabla 9. Componente de las fracciones de los Residuos Sólidos Urbanos.	21
Tabla 10. Cálculo de peso volumétrico	22
Tabla 11. Proyección de población en Villa de Tezontepec.....	23
Tabla 13. Proyección de Generación de Residuos Sólidos Urbanos de casa-habitación	24
Tabla 14. Proyección de Generación de Residuos Sólidos Urbanos “en fuentes no domésticas”	25

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Localización. Fuente: INEGI. Marco geoestadístico municipal 2010.....	9
Figura 2. Prueba Dixon.....	14
Figura 3. Detección de pruebas sospechosas mediante el programa Past 4.02.....	14
Figura 4. Comportamiento de la muestra.....	16
Figura 5. Comportamiento de la muestra.....	17
Figura 6. Prueba de Normalidad para la muestra.....	17
Figura 7. Fracciones de los Residuos de Manejo Especial en Villa de Tezontepec, Hidalgo.	20
Figura 8. Fracciones de los residuos sólidos urbanos generados en Villa de Tezontepec, Hidalgo, México.	21
Figura 9. Proyección de Población.....	23
Figura 10. Población y generación per cápita de residuos sólidos urbanos (RSU) en Villa de Tezontepec.	25
Figura 11. Población y generación per cápita de residuos sólidos urbanos (RSU) de “Fuentes no domésticas” en Villa de Tezontepec.	26

RESUMEN

La generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y de Residuos de Manejo Especial (RME) está ligado a la cultura de una sociedad y a sus hábitos de consumo. Los sistemas de disposición de RSU no controlados son un foco de contaminación y enfermedades. Conocer la generación y composición de los RSU municipales es una parte fundamental para la toma de decisiones en los ayuntamientos. En el presente trabajo se proyectó la generación, cuantificación, composición y peso volumétrico de los RSU del municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo, así mismo se determinaron las cantidades de generación de los RME. Empleamos la normatividad mexicana de referencia y modelos estadísticos para la validación de las muestras. La generación de residuos en fuentes no domésticas y de residuos domiciliarios arrojó valores de 3.9 y 5.51 ton/día, respectivamente, es decir, 9.4 ton/día. Respecto a la composición la fracción orgánica representa el porcentaje más alto (62.9%), otros subproductos como los valorizables (12%), particularmente los llamados polietileno de tereftalato (PET) (1.85%), el papel (3.85%) y el cartón (2.7%). El municipio tiene una marcada gestión tradicional en el manejo de sus RSU, ya que la disposición de estos se realiza en relleno sanitario, mientras que la recuperación de materiales aprovechables se hace por personas de escasos recursos económicos, en condiciones antihigiénicas y en ocasiones se practica la quema de los plásticos. La compactación de alta densidad, la generación de composta desde la fuente, la separación previa de los residuos valorizables y la educación ambiental se vislumbran como parte de la solución potencial para minimizar los problemas de espacio causados por la mezcla de los residuos y como alternativa preliminar a su posible transformación. El interés por parte del Ayuntamiento y de los ciudadanos promete un camino favorable para lograr la transición.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo constituye un modelo de gestión ambiental cuya finalidad es mejorar la administración de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial del municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo. Se busca optimizar el tiempo de vida del relleno sanitario y recuperar residuos valorizables.

La caracterización de residuos sólidos urbanos y de manejo especial permite generar medidas a corto, mediano y largo plazo, así como diseñar proyectos de desarrollo sustentable, minimizando el impacto ambiental y propiciando el desarrollo comunitario.

Con lo anterior se pretende dar al municipio las bases para desarrollar e implementar estrategias para optimizar el manejo actual de los residuos en todos en sus sistemas, al mismo tiempo que involucre a los diversos actores (políticos, sociales e industriales) de la región.

Finalmente, La Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) considera como un instrumento de política (DOF, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2023) la generación de Programas para la prevención y gestión integral de los residuos (relacionados a los diferentes tipos de residuos, como son los RSU, RME y los RP), lo que se atendió con este proyecto.

II. MARCO TEÓRICO

El manejo de los RSU a nivel municipal representa un proceso al que durante mucho tiempo no se le había prestado suficiente atención. Aproximadamente en los años 70's, la población generaba menor cantidad de residuos, estos provenían de los alimentos que se preparaban y los disponían directamente en el suelo o servía como alimento para los animales que criaban; además, al cocinar con leña generaban ceniza que era utilizada en el campo.

Algunas personas mayores, cuentan que se asignaba un espacio dentro de sus hogares para ir depositando los residuos como: trozos de telas que ya no eran útiles y algunos otros que difícilmente se reintegraban a la naturaleza y se practicaba la quema de esos residuos.

Después de la Revolución Industrial, el municipio se vio inmerso en la nueva dinámica de producción y consumismo, donde ahora los productos debían protegerse para su transporte, almacenamiento, venta y conservación; y así mismo, hubo un incremento de generación de residuos.

Los comercios comenzaron a ofrecer otro tipo de productos con empaques plásticos de lenta degradación, y al no poder ser resguardados en casa, se tuvo que dar inicio a la recolección domiciliaria para posteriormente ubicarlos a un sitio de disposición final.

En el 2013 se inicia con la construcción del actual Relleno sanitario, donde la disposición final se identifica como "compactación y entierro", donde se identifica una gestión

Maestría en Gestión Ambiental

tradicional en el manejo de sus residuos sólidos, la separación de algunos productos se hace por parte de personas que se encuentran en el sitio y en condiciones antihigiénicas, además, parte de la población aún practica la quema de residuos.

No se cuenta con un Estudio de Generación y composición de RSU previo, sin embargo, se cuenta con algunas estimaciones que se realizaron por parte del departamento de Ecología.

III. JUSTIFICACIÓN

Durante los últimos años el tema del cuidado al ambiente ha pasado a tomar parte de un aspecto estratégico para el país, buscando que el presente y futuro estén marcados por el desarrollo sostenible.

Hasta ahora, la Ley es omisa en dictar pautas normativas para el manejo ambientalmente efectivo y seguro, con lo cual se ha creado un vacío que propicia el manejo inadecuado de los mismos, con los consecuentes riesgos para la salud y el ambiente.

Calcular la generación de RSU es una tarea compleja, dado que no es posible hacer un registro exhaustivo de todos los residuos que se producen en una localidad, por lo que se recurre a estimaciones indirectas a partir de la medición de residuos producidos por personas o por hogares (SEMARNAT, Informe del Medio Ambiente, 2024), con dicha información se puede elaborar, en colaboración con el municipio, los inventarios de residuos sólidos urbanos y de manejo especial y así formular el sistema para su gestión integral, el cual a la fecha no se encuentra actualizado para el Municipio en cuestión.

Con los datos arriba mencionados, también se puede estimar el costo de las distintas etapas de operación de los servicios de limpia y así poder establecer los mecanismos de optimización del sistema y alargar el tiempo de vida útil del relleno sanitario.

Derivado de que actualmente el Municipio carece de una clasificación precisa de los residuos, no se cuenta con inventarios adecuados que permitan dimensionar la magnitud del problema que representan dichos residuos, así como, determinar qué tantos de ellos pueden ser reducidos o eliminados, y cuáles de ellos deben ir directo al relleno sanitario.

IV. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un Programa Municipal de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para Villa de Tezontepec, Estado de Hidalgo, mediante el análisis del manejo de residuos sólidos y su caracterización, para su implementación a corto, mediano y largo plazo por el municipio.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Analizar el manejo actual de los residuos sólidos urbanos en la cabecera municipal de Villa de Tezontepec, Estado de Hidalgo; mediante entrevistas a los responsables del manejo y a los generadores de residuos en general, así como revisión de la documentación oficial de administraciones anteriores.
2. Elaborar un estudio de composición y generación de RSU por medio de su caracterización en el municipio utilizando la normatividad vigente.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

En el siguiente apartado se describen los pasos para la ejecución de este proyecto, así como las normativas (en secuencia progresiva):

- NMX-AA-022-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - selección y cuantificación de subproductos.
- NMX-AA-19-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - peso volumétrico "in situ".
- NMX-AA-61-1985, Protección al ambiente - contaminación de suelo - residuos sólidos municipales - determinación de la generación.
- NMX-AA-15-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - muestreo - método de cuarteo.

Localización

El municipio de Villa de Tezontepec se ubica al sur del territorio hidalguense entre los paralelos 19°51' y 19°59' de latitud norte; los meridianos 98°44' y 98°53' de latitud oeste; con una altitud entre 2400 y 2900 msnm (INEGI, 2020). Este municipio cuenta con una superficie de 90.73 km² y representa el 0.44% de la superficie del estado, dentro de la región geográfica denominada como Cuenca de México.

Colinda al norte con los municipios de Zapotlán de Juárez y Zempoala; al este con el municipio de Zempoala y el Estado de México; al sur con el Estado de México; al oeste con el Estado de México y los municipios de Tolcayuca y Zapotlán de Juárez (Figura 1).

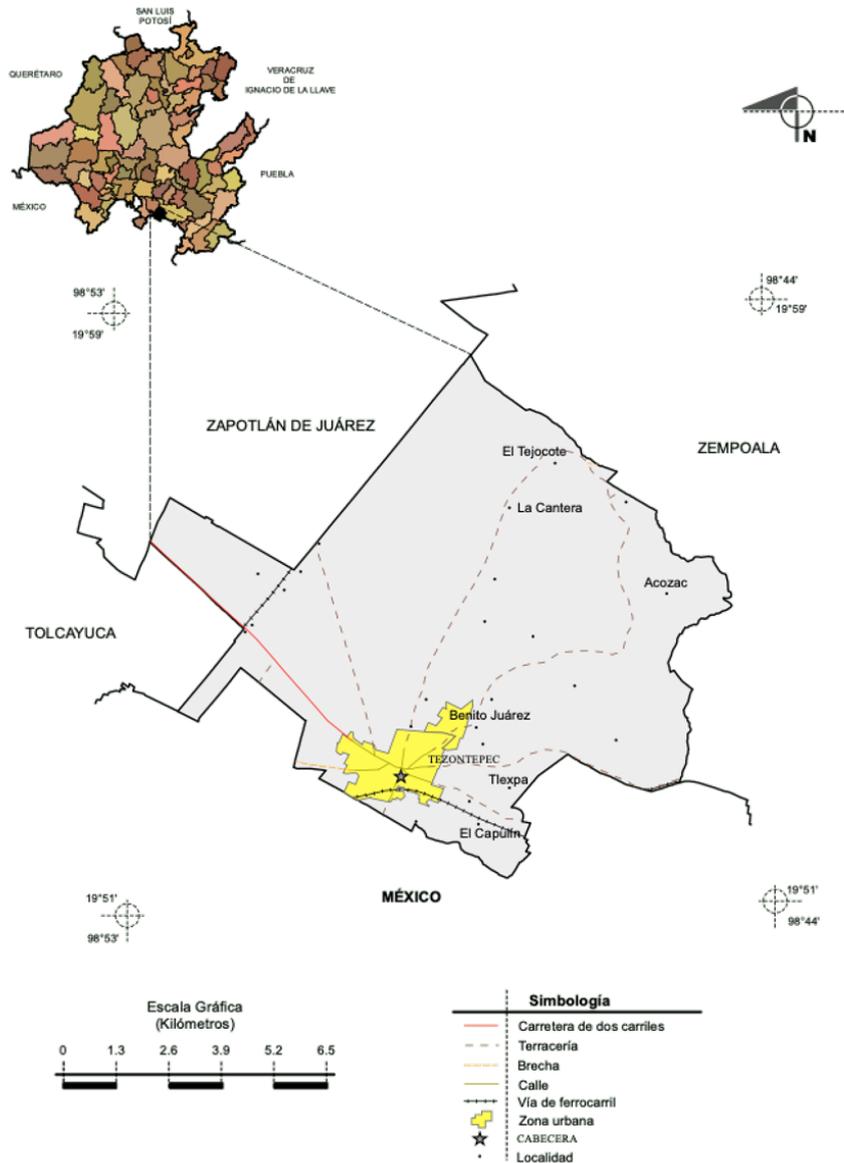


Figura 1. Localización. Fuente: INEGI. Marco geoestadístico municipal 2010.

Localización y delimitación del Área para los Estudios de Generación y Composición de Residuos Sólidos

Para la elaboración del Estudio de generación y composición de los RSU y de Manejo especial, se detectó único estrato socioeconómico (Grado de marginación “Muy bajo”) dentro del municipio (Tabla 1).

Tabla 1. Índice de marginación

Clave entidad	Nombre de la entidad	CVE MUN	Nombre de municipio	Grado de marginación	Lugar que ocupa en el contexto nacional
13	Hidalgo	13066	Villa de Tezontepec	Muy bajo	2,100

Fuente: Elaboración propia utilizando estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

Maestría en Gestión Ambiental

En la Tabla 2 se muestran las colonias que se seleccionaron para llevar a cabo el muestreo:

Tabla 2. Delimitación y selección de número de muestras del Área en Estudio

Estrato	Colonia	Coordenadas Geográficas		Número de casas
		Longitud	Latitud	
Único	Guadalupe	19°56'18"N	98°45'56"W	12
	Cantera	19°56'25"N	98°47'30"W	12
	Morelos	19°53'33"N	98°48'57"W	12
	Juárez	19°53'30"N	98°48'24"W	12
	Nueva	19°52'36"N	98°48'51"W	12
	Centro	19°52'49"N	98°49'10"W	20

Fuente: Elaboración propia con información del H. Ayuntamiento.

Recopilación de información previa

En esta fase se adquirió información existente del Consejo Nacional de Población (CONAPO) para obtener los datos oficiales de población, de tipo cartográfico (planos de catastro y manzanas) y documental (anuario estadístico), tomados de las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y del H. Ayuntamiento municipal. Con dicha información, se trabajó con estrato único socioeconómico, que corresponde al índice de marginación "Muy bajo" (Tabla 1).

Selección de muestras

Con apoyo del plano de catastro proporcionado por el H. Ayuntamiento, se numeraron las viviendas y con los números aleatorios arrojados utilizando la Tabla de números aleatorios de la NMX-AA-61-1965, se seleccionaron 80 casas como premuestras para trabajar con un nivel de confianza de 90%.

La identificación, explicación y entrevistas (Anexo 1) a los jefes de familia de las viviendas participantes comenzó el lunes 19 de junio del 2023. Posterior a la entrevista y aceptación, se les hizo entrega de una bolsa de polietileno, la cual fue llenada con los residuos generados en la casa habitación y recolectada al día siguiente para su posterior análisis. Esta operación se repitió hasta el 26 de junio del 2023 en que finalizó el estudio.

Procedimiento de recolección y análisis de los residuos sólidos urbanos

Una vez recolectadas las bolsas en las viviendas seleccionadas se registró el peso de cada bolsa en una base de datos, éstas fueron llevadas al Relleno sanitario.

Posterior al pesaje, los residuos de cada bolsa se vaciaron y homogenizaron de acuerdo con lo indicado en la norma NMX-AA-015-1985 para obtener la composición porcentual de los RSU por fuente generadora. De acuerdo con la norma NMX-AA-019-1985 se determinó el peso volumétrico de los residuos a través de un recipiente de 200 L.

Para realizar la caracterización o cuantificación de subproductos, una porción de aproximadamente 50 kg fue obtenida por el método de cuarteo. Los residuos se colocaron sobre una mesa, mismos que se caracterizaron con base en las fracciones y

componentes enlistadas en la Tabla 9, además de lo indicado por la norma NMX-AA-022-1985.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis estadístico en fuentes domésticas

De las 80 viviendas pre-seleccionadas, se logró trabajar con la totalidad de estas en la entrega de muestras con residuos durante todo el periodo de estudio (7 días de recolección regular). Posterior a los pesajes, obtención de pesos volumétricos y caracterización de residuos de los siete días de trabajo, se examinó la base de datos con un análisis de exclusión de datos atípicos, específicamente con el criterio Dixon.

Tabla 3. Registro de pesaje Estrato Único

ID	No. Habitantes	19-jun-23	20-jun-23	21-jun-23	22-jun-23	23-jun-23	24-jun-23	25-jun-23	Promedio generación por casa	Promedio generación per cápita
		(kg)	(kg/día)	(kg/hab-día)						
VT-01	5	12.5	12.5	12.5	5	6.5	6.5	6.5	8.86	1.77
VT-02	2	0.86	1.4	1.02	1.42	3.2	0.82	1.24	0.77	0.39
VT-03	3	2.1	2.55	2.16	2.76	2.25	1.86	2.43	1.35	0.45
VT-04	5	0.75	1.83	1.2	1.8	1.53	0.9	1.47	0.58	0.12
VT-05	3	1.23	1.83	1.53	2.13	1.53	1.23	1.77	0.62	0.21
VT-06	4	2.72	3.4	3	3.8	3	1.64	3.28	1.68	0.42
VT-07	3	1.83	2.43	2.13	2.73	2.4	2.1	1.8	1.60	0.53
VT-08	4	2.48	2.44	2.88	3.68	2.8	2	2.8	1.34	0.34
VT-09	3	0.82	1.46	1.02	1.42	1.24	0.82	1.44	0.71	0.24
VT-10	4	2.72	6.4	3	3.8	2.92	2.6	3.28	2.21	0.55
VT-11	3	1.83	2.43	2.13	2.73	2.4	1.23	1.8	1.13	0.38
VT-12	4	2.48	3.28	2.88	3.68	2.4	2	2.8	1.41	0.35
VT-13	3	3.33	1.83	4.8	5.4	4.5	3.15	3.75	2.64	0.88
VT-14	3	2.1	2.55	2.16	2.76	2.25	1.86	2.43	1.35	0.45
VT-15	3	1.86	2.46	2.16	2.76	2.1	1.5	2.1	1.18	0.39
VT-16	4	3.32	4.12	3.72	4.52	3.2	2.8	2.4	2.05	0.51
VT-17	3	1.86	1.83	2.16	2.76	3.45	3.15	3.75	1.91	0.64
VT-18	4	1.64	2.44	2.04	2.84	2.6	2.2	3	1.16	0.29
VT-19	2	1.36	1.76	1.56	1.96	1.48	1.28	1.68	0.91	0.46
VT-20	3	1.83	2.43	2.13	2.73	2.4	2.1	1.8	1.26	0.42
VT-21	4	3.76	3.28	2.88	3.68	2.4	1.64	2.44	1.49	0.37
VT-22	4	6.8	3.24	5.64	6.44	6.8	3.76	5	3.46	0.87
VT-23	3	2.82	3.42	3.12	3.72	2.25	1.86	1.83	1.78	0.59
VT-24	6	4.92	6.12	5.52	6.72	5.4	5.64	4.2	2.95	0.49
VT-25	3	0	0	0	0	0	0	0	0.96	0.32
VT-26	4	2.52	2.44	2.92	3.72	2.4	1.4	2.2	1.38	0.34

Maestría en Gestión Ambiental

ID	No. Habitantes	19-jun-23	20-jun-23	21-jun-23	22-jun-23	23-jun-23	24-jun-23	25-jun-23	Promedio generación por casa	Promedio generación per cápita
VT-27	2	2.22	2.62	2.42	2.82	2.3	0.82	1.22	1.39	0.69
VT-28	3	1.8	2.55	2.16	2.76	1.8	1.86	2.43	1.20	0.40
VT-29	4	3.28	4.08	5.4	6.2	4.96	5.6	2.8	2.67	0.67
VT-30	2	2.6	2.6	2.6	2.4	2.4	2.4	2.4	2.49	1.24
VT-31	3	1.86	1.65	2.16	2.76	2.79	2.49	2.1	1.36	0.45
VT-32	4	2.04	3.76	1.8	2.6	2.12	1.72	2.44	1.09	0.27
VT-33	2	1.23	1.83	2.91	3.51	2.13	2.61	1.65	0.72	0.36
VT-34	3	3.33	3.93	3.63	4.23	2.16	1.5	2.82	1.77	0.59
VT-35	5	3.25	4.25	3.05	4.05	4.65	4.15	4.5	2.57	0.51
VT-36	4	2.48	3.28	1.8	2.6	2.12	3.48	2.8	1.34	0.33
VT-37	5	5.7	6.7	6.2	7.2	5	1.75	6.25	2.95	0.59
VT-38	1	0.5	0.82	0.45	0.65	0.6	0.74	0.85	0.37	0.37
VT-39	10	3.4	3.1	5.4	7.6	7.6	7.6	7.6	6.04	0.60
VT-40	5	5.25	3.05	3.55	4.55	2.55	4.35	3.25	2.21	0.44
VT-41	15	10.2	10.05	10.2	4.5	2.25	12.75	3.45	7.63	0.51
VT-42	3	1.53	2.82	1.35	1.95	2.52	1.86	1.56	0.99	0.33
VT-43	2	0.86	2.14	0.84	1.24	1.2	1.02	1.28	0.73	0.36
VT-44	2	1.48	1.28	1.94	2.34	1.64	1.44	1.26	0.93	0.46
VT-45	4	1.4	2.44	3.36	4.16	2.32	2.44	3.36	1.79	0.45
VT-46	5	4.35	5.35	4.85	5.85	2.25	3.1	4.15	2.47	0.49
VT-47	2	1.24	1.88	1.42	1.82	1.68	1.22	1.9	0.95	0.47
VT-48	3	1.05	2.82	2.16	2.76	2.46	2.16	2.49	1.33	0.44
VT-49	3	2.1	3.21	1.35	1.95	1.35	1.29	2.82	1.11	0.37
VT-50	3	2.64	3.21	2.94	3.54	2.13	1.86	1.65	1.39	0.46
VT-51	5	3.1	4.1	3.6	4.6	4.1	3.6	5.25	2.48	0.50
VT-52	1	0.22	0.42	0.32	0.52	0.45	0.51	0.71	0.13	0.13
VT-53	10	6.7	7.4	8.7	7.6	7.6	7.6	7.6	7.60	0.76
VT-54	5	3.1	4.75	3.6	4.6	3	2.2	4.5	1.95	0.39
VT-55	6	3.06	4.26	3.66	4.86	3.6	2.46	4.2	1.70	0.28
VT-56	3	1.23	1.83	2.91	3.51	1.35	1.05	1.92	0.76	0.25
VT-57	2	1.44	1.84	1.64	2.04	3.6	1.48	1.62	1.30	0.65
VT-58	3	1.56	2.16	1.86	2.46	1.92	1.62	2.22	0.99	0.33
VT-59	15	6.15	6.15	6.15	7.8	7.8	7.8	4.8	6.66	0.44
VT-60	2	1.62	2.02	1.82	2.22	2.12	1.92	2.32	1.39	0.70
VT-61	2	1.22	1.62	1.42	1.82	3	0.72	1.26	0.85	0.43
VT-62	2	0.7	0.8	0.9	1.3	0.82	0.62	1.1	0.39	0.20
VT-63	3	2.43	3.03	2.73	3.33	1.35	1.05	1.83	1.07	0.36
VT-64	4	2.48	3.28	2.88	3.68	2.76	2.36	3.24	1.62	0.41
VT-65	4	3.52	4.32	3.92	4.72	3.4	2.88	2.76	2.24	0.56

Maestría en Gestión Ambiental

ID	No. Habitantes	19-jun-23	20-jun-23	21-jun-23	22-jun-23	23-jun-23	24-jun-23	25-jun-23	Promedio generación por casa	Promedio generación per cápita
VT-66	4	3.24	4.04	3.64	4.44	1.8	1.4	2.2	1.39	0.35
VT-67	4	2.8	3.6	6	6.8	2.88	2.48	3.6	2.26	0.57
VT-68	3	1.5	2.1	1.8	2.4	1.53	1.23	2.1	0.78	0.26
VT-69	2	0.88	1.8	1.08	1.48	1.7	0.78	1.28	0.61	0.31
VT-70	5	4.05	5.05	4.55	5.55	2.75	2.25	3.05	1.99	0.40
VT-71	6	2.1	3.3	2.7	3.9	2.82	2.22	3.3	0.95	0.16
VT-72	4	2.96	3.76	3.36	4.16	3.72	3.32	4.12	2.25	0.56
VT-73	5	4.35	5.35	4.85	5.85	2.1	1.6	2.75	1.80	0.36
VT-74	1	0.61	0.81	0.71	0.91	0.55	0.44	0.65	0.47	0.47
VT-75	10	6.7	6.7	6.7	2.9	6.3	6.3	6.3	5.99	0.60
VT-76	5	1.9	2.9	2.4	3.4	2.25	1.85	2.85	0.85	0.17
VT-77	15	7.2	7.2	7.2	6.6	5.4	10.05	1.8	6.49	0.43
VT-78	3	0.9	1.62	1.1	1.5	0.9	0.58	1.02	0.52	0.17
VT-79	2	1.62	2.02	1.82	2.22	1.96	1.74	2.16	1.16	0.58
VT-80	2	0.64	1.4	1.2	1.6	1.6	3	1.04	0.84	0.42

Fuente: Elaboración propia con datos de muestreo.

Se ordenó la información de la Tabla 3 como se muestra a continuación:

$$X_1 \leq X_2 \leq X_3 \leq \dots \leq X_i \leq \dots X_{n-1} \leq X_n$$

Donde:

X_1 = Promedio por casa-habitación, de los 7 valores diarios de la generación de residuos per-cápita, obtenidos durante el periodo de muestreo.

Posteriormente se realizó el análisis de rechazo de observaciones sospechosas, empleando la prueba de cuartiles aceptables de Dixon (Figura 2), mediante el programa Past 4.02 (Hammer, Harper, & Ryan, 2001), de acuerdo con la normativa vigente. Descartando 7 valores del cuartil inferior, rechazando la observación sospechosa (Figura 3).

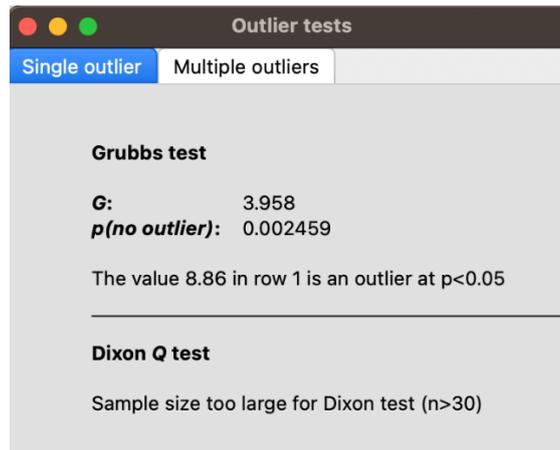


Figura 2. Prueba Dixon

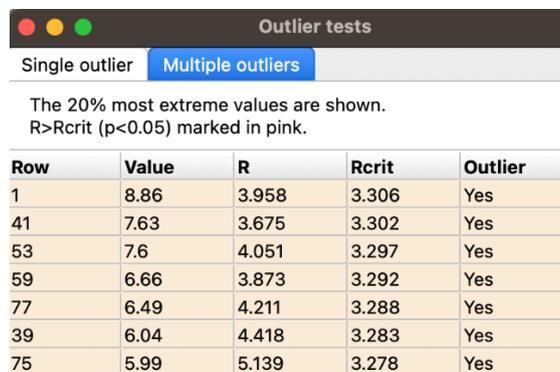


Figura 3. Detección de pruebas sospechosas mediante el programa Past 4.02.

Se calculó el valor estadístico permisible ($r_{1-\alpha/2}$) correspondiente al percentil definido por el nivel de confianza establecido y el número de observaciones correspondientes.

Una vez rechazadas las observaciones sospechosas, se realizó el análisis estadístico de los 73 valores promedio resultantes para obtener la media de la generación per-cápita diaria de los valores promedio por casa habitación y la desviación estándar de ellos como conjunto de valores, con respecto a la media (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de análisis estadístico

	Promedio generación por casa (kg/día)	Promedio generación per cápita (kg/hab-día)
Promedio	1.42	0.42
Desviación Estándar	0.695	0.153
Error	0.081	0.021
“t” de Student	NA	0.755

Fuente: Elaboración propia con datos del muestreo.

Maestría en Gestión Ambiental

Se verificó el tamaño de la premuestra, calculando el tamaño real de la muestra, con base en la desviación estándar de la premuestra, y empleando la distribución "t" de Student con la siguiente ecuación (Wayne W., 2011):

(1)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

Donde:

t= valor estadístico de la prueba t de Student.

\bar{X}_1 = valor promedio del grupo 1.

\bar{X}_2 = valor promedio del grupo 2.

σ_p = desviación estándar ponderada de ambos grupos.

N_1 = tamaño de la muestra del grupo 1.

N_2 = tamaño de la muestra del grupo 2.

La determinación del tamaño real de la muestra se realizó con la siguiente expresión (Wayne W., 2011):

(2)

$$n_1 = \left(\frac{ts}{E} \right)^2$$

Donde:

n_1 = Tamaño real de la muestra

E= Error muestral en kg/hab-día, recomendándose emplear un valor comprendido en el siguiente intervalo:

$$0.4 \text{ kg/hab-día} \leq E \leq 0.07 \text{ kg/hab-día}$$

s= Desviación estándar de la premuestra.

T= Percentil de la distribución "t" de Student, correspondiente al nivel de confianza definido por el riesgo empleado en el muestreo.

Resultando $n_1 = 30.35 < n = 73$, donde el tamaño de la premuestra resultó mayor al de la muestra, tomándose dicho valor como el tamaño real de la muestra, por lo que no se deben eliminar los elementos sobrantes de la premuestra, ya que pueden ampliar en un momento dado el nivel de confianza del muestreo.

La confiabilidad de la muestra se realizó mediante una prueba normal estándar Z con la siguiente ecuación (Wayne W., 2011):

(3)

Maestría en Gestión Ambiental

$$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Donde:

z= Distribución normal estándar

\bar{x} = Promedio de kg/hab-día

μ_0 = Promedio per cápita del estado de Hidalgo (0.684 kg/hab-día) (INECC, 2021)

σ = desviación estándar per cápita de la muestra

n= número de premuestra

Se obtuvo una confiabilidad de $z=-14.37$, representa que el Municipio de Villa de Tezontepec genera menor cantidad de residuos comparado con el dato a nivel Estatal.

No se calculó la prueba de la razón de varianza (F), ya que se trabajó con estrato socioeconómico único, por lo tanto, no hay tratamientos de contrastes.

Una vez que se analizaron los datos, mostraron un comportamiento normal (Figura 4), ajustándose en la prueba (Figura 6).

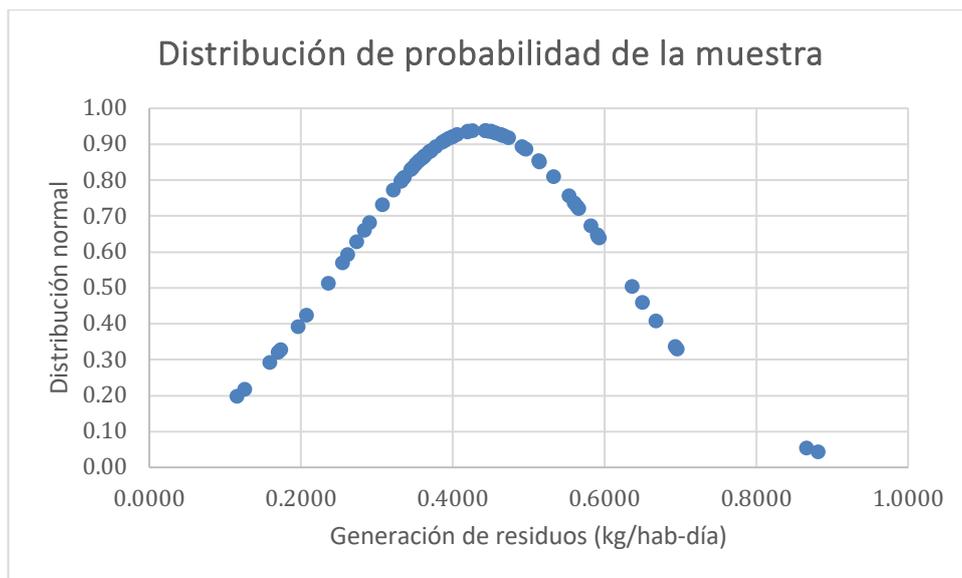


Figura 4. Comportamiento de la muestra.

Sólo hay dos datos que se salen de la probabilidad de una distribución normal, se muestra en la Figura 5, confirmando así que se tiene una muestra homogénea, se sugiere depurar la muestra con la prueba de Dixon para los promedios per cápita aun cuando la norma no lo solicita.

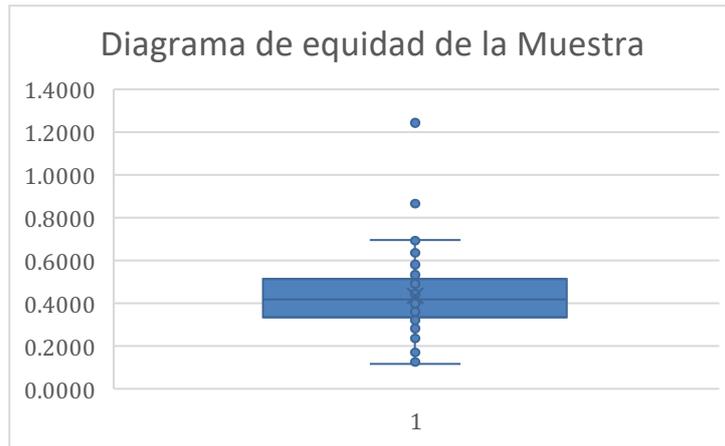


Figura 5. Comportamiento de la muestra.

Tests for normal distribution	
	All
N	73
Shapiro-Wilk W	0.9727
p(normal)	0.1138
Anderson-Darling	0.4991
p(normal)	0.2035
p(Monte Carlo)	0.2086
Lilliefors L	0.08286
p(normal)	0.2395
p(Monte Carlo)	0.2448
Jarque-Bera JB	5.061
p(normal)	0.07963
p(Monte Carlo)	0.0572

Figura 6. Prueba de Normalidad para la muestra.

Se obtuvieron los resultados de los análisis estadísticos, en los que se obtuvo una generación per cápita promedio de 0.42 kg/hab/d, una mediana de 0.41 kg/hab/d y una desviación estándar de 0.153 (Tabla 4). El cálculo del tamaño real de la muestra dio un valor 30.35, por lo que se aceptaron las 73 premuestras con las cuales se trabajaron durante el estudio. Lo anterior considerando un error muestral de 0.021 kg/hab/d y un percentil de la distribución t de student correspondiente al nivel de confianza de 90%. Por último, el análisis de confiabilidad indicó que, con el tamaño de muestra considerado, se cumple con el 90% de confianza en la aceptación de la hipótesis planteada. Se realizó la prueba de Normalidad (Figura 6), para confirmar el comportamiento normal de la muestra.

Maestría en Gestión Ambiental

Determinación de Resultados

Generación total de RSU

El análisis estadístico permitió determinar el valor promedio de generación diaria por habitante para RSU en el Municipio de Villa de Tezontepec, resultando un valor de 0.42 kg/hab-día.

La generación diaria de residuos sólidos urbanos se estima en 5.51 toneladas por día.

Tabla 5. Generación de RSU en el municipio de Villa de Tezontepec

Generación total	(ton/día)	5.51
Población	(hab)	13,032*
Generación per cápita	(kg/hab/día)	0.42

* (CONAPO, 2020)

Generación total de residuos no domésticos

Respecto a la generación de RSU no domiciliarios (comercial y de servicios), se obtuvo el valor por la diferencia del peso total de los RSU de los vehículos compactadores menos el total diario de los residuos domésticos calculados con el muestreo (Tabla 6).

Tabla 6. Cálculo de RSU no domiciliarios en Villa de Tezontepec, Hidalgo.

Promedio pesaje compactadores	(ton/día)	9.4
Residuos domiciliarios	(ton/día)	5.51
Residuos no domiciliarios	(ton/día)	3.9

La generación de residuos en fuentes no domésticas arrojó un valor de 3.9 ton/día, que en conjunto con la generación per cápita doméstica equivalen a 9.4 ton/día. Estas cifras aumentarán en los próximos años, influenciados por varios factores, como el aumento de conjuntos habitacionales y hábitos de consumo.

Generación total de Residuos de Manejo Especial (RME)

La Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) define a los residuos de manejo especial 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".

Hasta ahora, se tienen registradas dieciocho empresas generadoras de RME reguladas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo (SEMARNATH), donde los principales giros de las empresas reguladas son:

- Agropecuario
- Construcción
- Manufactura

Maestría en Gestión Ambiental

En la Tabla 7 se muestra la cantidad anual de RME en el 2023 de Villa de Tezontepec:

Tabla 7. Generación anual de RME en Villa de Tezontepec

Municipio	Generación (Ton)	Aprovechable	No aprovechable
Villa de Tezontepec	662,293.16	660,532.00	1,761.16

Fuente: Elaboración propia con datos de la SEMARNATH.

A continuación, se presentan los RME que se generan en el municipio, específicamente en la zona industrial (Tabla 8):

Tabla 8. Residuos de Manejo Especial generados en Villa de Tezontepec (2023)

No.	Residuos dados de alta en el registro como generador de RME	Generación (Ton/año)	Aprovechable (Ton/año)	No Aprovechable (Ton/año)
1	Aceite vegetal usado	0.16	0	0.16
2	Aluminio	653,058.00	653,058.00	0
3	Cartón	3,096.00	3,096.00	0
4	Chatarra	777.00	713.00	64.00
5	Hule	18.00	18.00	0
6	Lodos PTAR	1,148.00	0	1,148.00
7	Madera	1,734.00	1,629.00	105.00
8	Neumáticos de desecho	0	0	0
9	Papel	1.00	1.00	0
10	Plástico	555.00	555.00	0
11	Residuos textil	0	0	0
12	Residuos alimenticios	1,414.00	1,414.00	0
13	Residuos de construcción y demolición	64.00	2.00	62.00
14	Residuos ganaderos	2.00	2.00	0
15	Residuos Sólidos Urbanos	360.00	0	360.00
16	Tetrapak	66.00	0	66.00
17	Vidrio	0	0	0
TOTAL		662,293.16	660,480.00	1,805.16

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Dirección General de Cambio Climático de Hidalgo.

De acuerdo con la información recopilada, el 99.72% de los RME que se tienen registrados son aprovechables. El 99% del total de lo que se genera es aluminio, el restante se describe en la Figura 7.

Estas cifras se verán influenciadas en los próximos años por varios factores como los hábitos de consumo, el aumento de negocios y crecimiento de la zona industrial de la región.

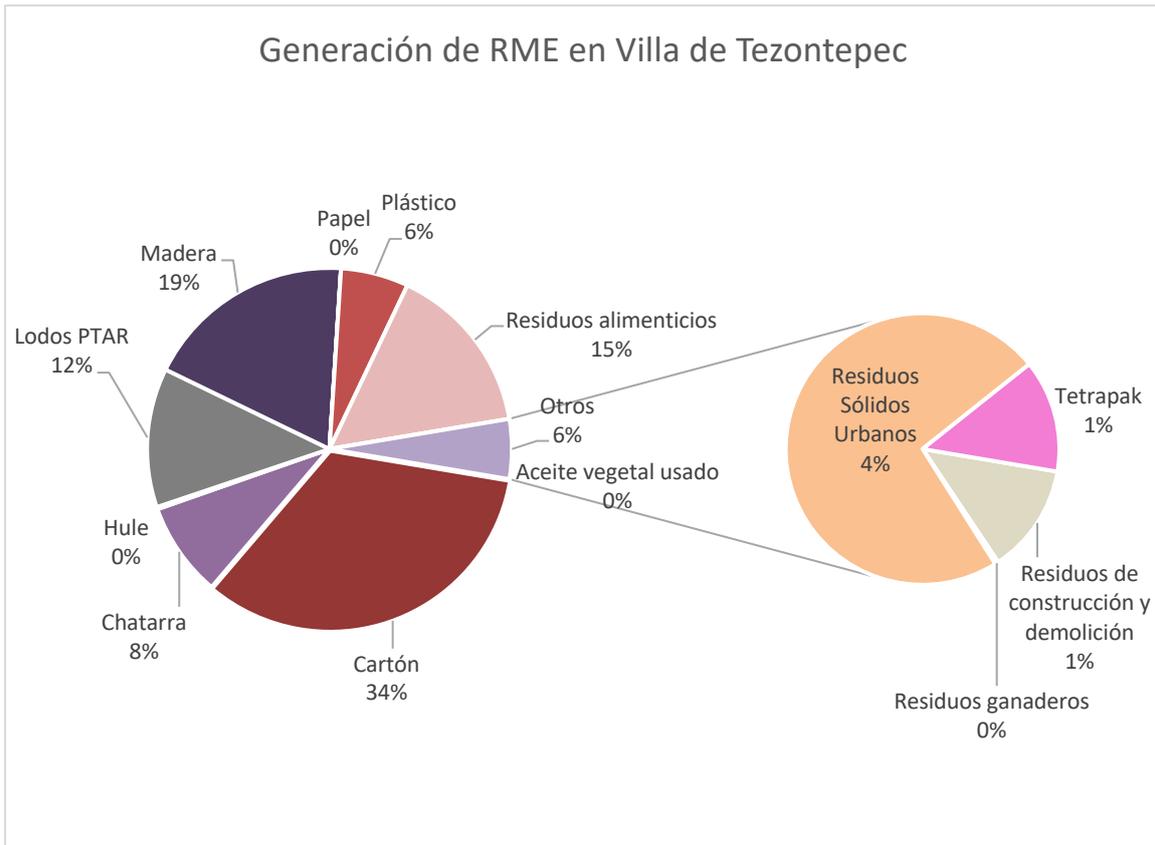


Figura 7. Fracciones de los Residuos de Manejo Especial en Villa de Tezontepec, Hidalgo.

Caracterización de residuos sólidos urbanos

Respecto a la composición de RSU, la Figura 8 y la Tabla 9 muestran que la fracción orgánica representa el porcentaje más alto (62.9%), otros subproductos como los valorizables (12%) siguen en aumento, particularmente los llamados polietileno de tereftalato (PET) (1.85%), el papel (3.85%) y el cartón (2.7%). Dicho aumento está motivado por las tendencias de consumo actuales, específicamente las de “usar y desechar”.



Figura 8. Fracciones de los residuos sólidos urbanos generados en Villa de Tezontepec, Hidalgo, México.

Tabla 9. Componente de las fracciones de los Residuos Sólidos Urbanos.

Fracción	Residuos	%
Orgánicos	Cuero	1.6
	Hueso	3.2
	Madera	0.3
	Residuos alimentarios	51
	Residuos jardinería	7
Plásticos	Plástico rígido y de película	6.4
	Poliestireno expandido	0.81
	Poliuretano	0.2
Sanitarios	Pañal desechable	11.1
Valorizables	Cartón	2.7
	Lata	0.71
	Material ferroso	0.2
	Material no ferroso	0.28
	Papel	3.85
	Poliuretano de tereftalato (PET)	1.85
	Tetrapak	0.87
	Vidrio de color	0.35
	Vidrio transparente	1.5
Otros	Envase de cartón encerado	0.8
	Fibras sintéticas	0.02
	Hule	0.2
	Algodón	0.5
	Loza y cerámica	0.53
	Material de construcción	0.1
	Residuo fino	0.42

Maestría en Gestión Ambiental

Fracción	Residuos	%
	Trapo	2.1
	Botes de pintura	0.83
	Otros (electrónicos, medicamentos, cubrebocas)	0.58
TOTAL		100

Fuente: Elaboración propia con datos del muestreo.

Se destaca también que, de la totalidad de los residuos, aproximadamente el 81.5% son productos susceptibles de recuperación o aprovechamiento, así se podría evitar que su disposición final sea el relleno sanitario, y contribuir a alargar la vida útil del mismo.

En menor medida aparecen los residuos electrónicos, medicamentos y cubrebocas (0.58%), actualmente se disponen directamente en el Relleno Sanitario, en un futuro requerirán de algún mecanismo de control o tratamiento, dada las altas cantidades que pueden generarse en los siguientes años.

Por otro lado, para el cálculo del peso volumétrico, se utilizó un recipiente de 200 litros limpio y libre de abolladuras; así como también se consideró que la báscula estuviera nivelada. A continuación, se pesó el recipiente vacío, tomando este peso como la tara del recipiente. A continuación, se llenó el recipiente hasta el tope de residuos homogeneizados, obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo según la Norma Mexicana NMX-AA-015-1985. Después se pesó nuevamente el recipiente con los residuos y se restó el valor de la tara. El valor del peso volumétrico fue de 145 kg/m³ (Tabla 10), valor similar respecto a los 153.12 kg/m³ reportados por el INECC (2012) como promedio nacional.

Tabla 10. Cálculo de peso volumétrico

Municipio	Estrato	Volumen del recipiente (L)	Peso volumétrico (kg/m ³)
Villa de Tezontepec	Único	200	145

Proyección de Generación de Residuos Sólidos Urbanos

Conocer la generación total de residuos, es fundamental para determinar y dimensionar las necesidades de recolección y disposición final que existirán en el Municipio. Esta proyección toma en cuenta a la población y a las tasas de crecimiento esperada publicada por el Consejo Nacional de Población (CONAPO).

Proyección de la Población

La Tabla 11 muestra el perfil poblacional del Municipio de Villa de Tezontepec, esto ha determinado que las demandas sociales, en sus aspectos cualitativos y cuantitativos vayan evolucionando, presentando condiciones distintas a las del pasado.

Maestría en Gestión Ambiental

Junto con el crecimiento poblacional, ha ido al alza el número de viviendas habitadas; sin embargo, a la par se ha presentado una disminución en el número de habitantes por vivienda y el incremento en la cobertura de servicios básicos, lo que nos habla de mejores condiciones de vivienda (Tezontepec, 2020).

Existen ya acciones e infraestructura para el manejo de residuos; sin embargo, es necesario reforzar las mismas desde una perspectiva ambientalista que permita una mejor disposición final de los mismos e implementar estrategias como la reutilización y reciclaje.

Tabla 11. Proyección de población en Villa de Tezontepec

Año	Población	Tasa de crecimiento
2020	13032	1.14
2021	13088	0.43
2022	13141	0.40
2023	13190	0.37
2024	13236	0.34
2025	13277	0.31
2026	13315	0.28
2027	13348	0.24
2028	13476	0.96
2029	13599	0.91
2030	13717	0.86
2031	13831	0.83
2032	13941	0.79
2033	14047	0.76
2034	14149	0.73
2035	14249	0.70

Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO Proyecciones de Población 2005-2050.

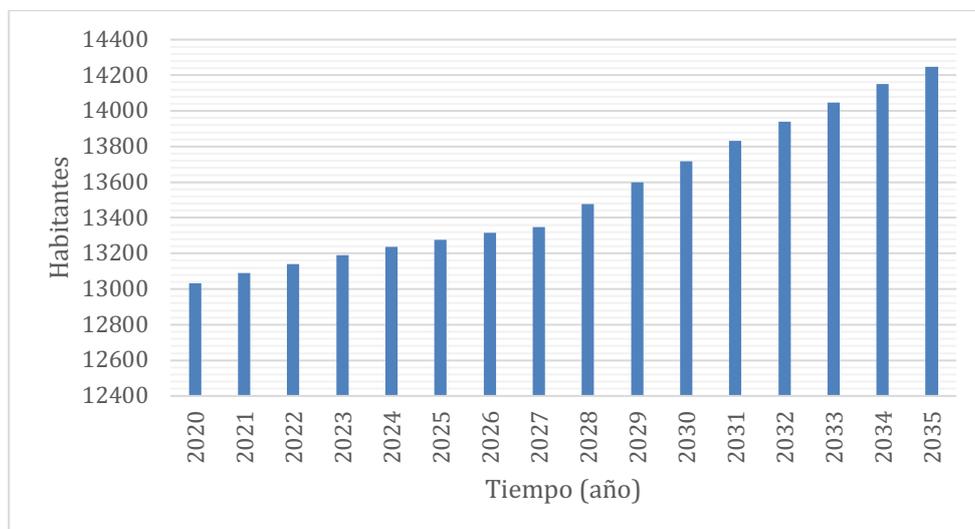


Figura 9. Proyección de Población.

Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO Proyecciones de Población 2005-2050.

La información de la proyección de la población se obtuvo directamente de la base de datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO), y se consideró para la proyección de la generación de residuos sólidos urbanos.

Crecimiento de la Generación de Residuos Sólidos

La generación de residuos sólidos es uno de los aspectos más importantes a considerarse, ya que determina en gran medida, la cantidad y características de los equipos a utilizar, tanto para la recolección, como para la disposición final.

El aumento en la generación de residuos sólidos urbanos puede explicarse como resultado de múltiples factores, reconociéndose entre los más importantes el crecimiento urbano, el desarrollo industrial, las modificaciones tecnológicas y el cambio en los patrones de consumo de la población, entre otras. (SEMARNAT, Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2015).

La proyección a futuro de la tasa de generación de RSU en casa- habitación y del crecimiento poblacional Figura 10, permite ver que para el año 2035 se estarán generando aproximadamente 7 toneladas por día de residuos domiciliarios, por lo que será necesario replantear las estrategias de manejo actual de RSU. Inclusive considerar una reforma a la normatividad o legislación local a favor de la separación de residuos en casa habitación. Lo anterior, debido a que actualmente el municipio no cuenta con vehículos con separación de residuos, es decir, se recolecta mezclado.

En México, como en el caso de muchos otros países, el crecimiento de la generación de residuos marcha a la par del gasto del consumo final privado y del Producto Interno Bruto (PIB) nacional (SEMARNAT, Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2015). Esta relación que se ha observado también en otras regiones del mundo se traduce en que a mayores niveles de consumo se produce un mayor volumen de residuos. Se consideró el promedio de los valores de la variación del PIB en porcentaje de los últimos 10 años, para obtener la tasa de crecimiento de residuos de México y realizar la proyección, obteniendo un valor de 1.25% anual.

Tabla 12. Proyección de Generación de Residuos Sólidos Urbanos de casa-habitación

Año	Habitantes	Promedio generación (kg/día-hab)	Generación (ton/día)
2023	13190	0.42	5.54
2024	13236	0.43	5.63
2025	13277	0.43	5.72
2026	13315	0.44	5.80
2027	13348	0.44	5.89
2028	13476	0.45	6.02
2029	13599	0.45	6.15
2030	13717	0.46	6.28
2031	13831	0.46	6.42
2032	13941	0.47	6.55

Maestría en Gestión Ambiental

Año	Habitantes	Promedio generación (kg/día-hab)	Generación (ton/día)
2033	14047	0.48	6.68
2034	14149	0.48	6.81
2035	14249	0.49	6.95

Fuente: las proyecciones de realizaron considerando la tasa de crecimiento poblacional anual de la base de datos de CONAPO y de 1.25% para la generación per cápita.

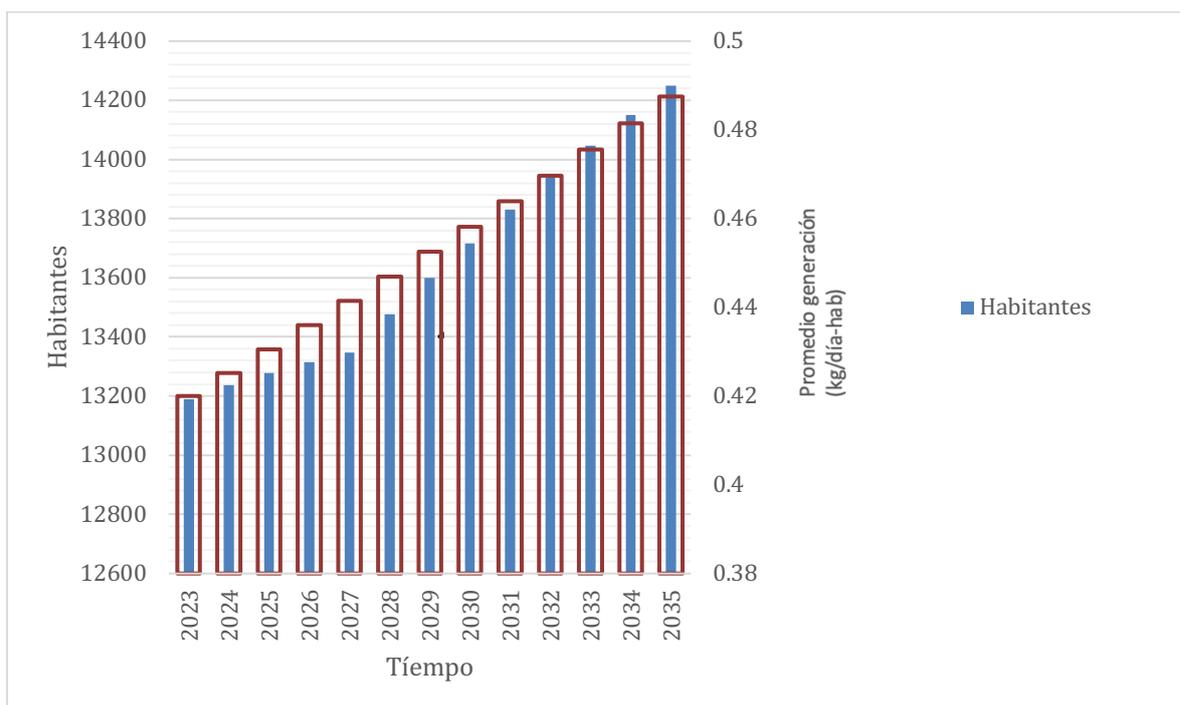


Figura 10. Población y generación per cápita de residuos sólidos urbanos (RSU) en Villa de Tezontepec.

Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO Proyecciones de Población 2005-2050.

Tabla 13. Proyección de Generación de Residuos Sólidos Urbanos "en fuentes no domésticas"

Año	Habitantes	Promedio generación (kg/día-hab)	Generación (ton/día)
2023	13190	0.000296	3.90
2024	13236	0.000298	3.95
2025	13277	0.000301	4.00
2026	13315	0.000304	4.05
2027	13348	0.000307	4.10
2028	13476	0.000308	4.15
2029	13599	0.000309	4.20
2030	13717	0.000310	4.25

Maestría en Gestión Ambiental

2031	13831	0.000311	4.31
2032	13941	0.000313	4.36
2033	14047	0.000314	4.42
2034	14149	0.000316	4.47
2035	14249	0.000318	4.53

Fuente: las proyecciones de realizaron considerando la tasa de crecimiento poblacional anual de la base de datos de CONAPO y de 1.25% para la generación per cápita.

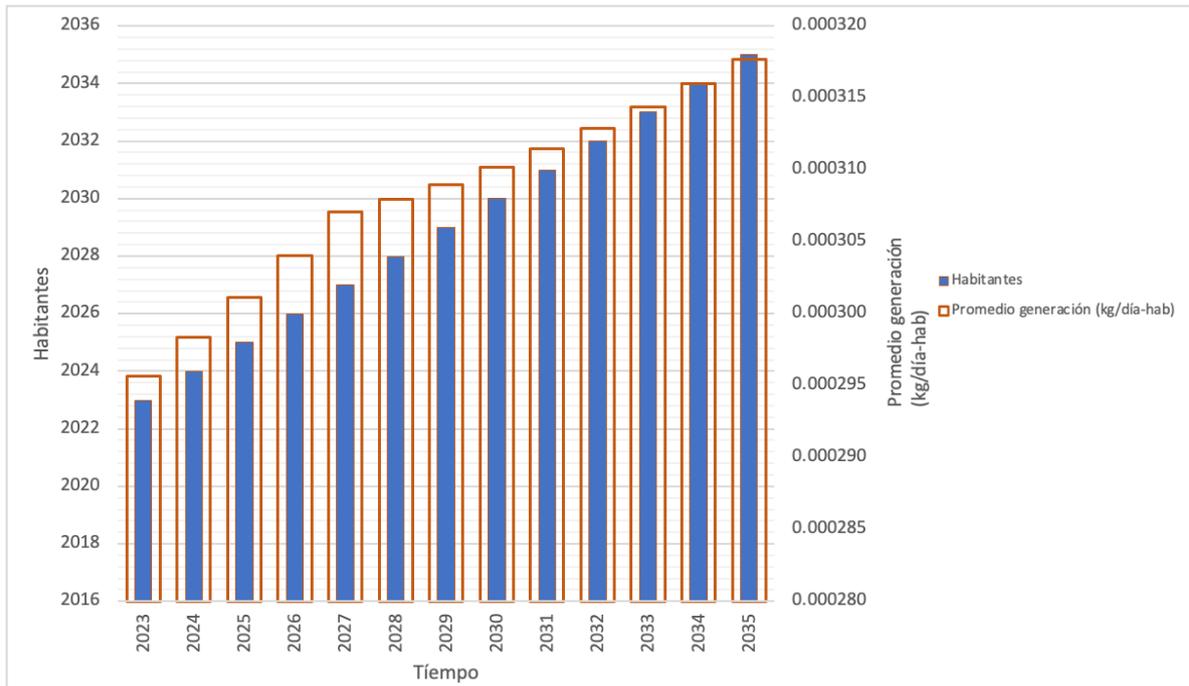


Figura 11. Población y generación per cápita de residuos sólidos urbanos (RSU) de "Fuentes no domésticas" en Villa de Tezontepec.

Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO Proyecciones de Población 2005-2050.

VII. CONCLUSIONES

La medida más común de manejo de los RSU en el municipio de Villa de Tezontepec es hasta ahora la disposición final en el relleno sanitario de forma mezclada, con una separación de residuos en el sitio por personas de escasos recursos en condiciones antihigiénicas.

La generación de residuos en fuentes no domésticas y de residuos domiciliarios arrojó valores de 3.9 y 5.51 ton/día, respectivamente, es decir, 9.4 ton/día. Además, estas cifras son variables de acuerdo con por la temporada del año y se verán afectadas en los próximos años con los hábitos de consumo.

Maestría en Gestión Ambiental

Es importante promover acciones como la reducción en la generación desde la fuente, así como la valorización de aquellos residuos que aún puedan ser aprovechados, evitar la disposición final en tiraderos a cielo abierto, además de contar con herramientas como la educación ambiental, normatividad y recursos económicos.

Los convenios y acercamientos con instituciones y con el gobierno estatal pueden ser de gran utilidad para actualizar las cifras de generación de residuos, realizar diagnóstico ambiental y obtener el diseño de las obras de ingeniería o asesorías en la adquisición de equipos de colecta.

VIII. REFERENCIAS

- Ceballos Perez, S. G., Brambila Paz, J. d., & Perez Cerecedo, V. (2022). Residuos sólidos urbanos y economía circular en Pachuca. México: Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal.
- CONAPO. (2020). *Índices de marginación*.
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (2001). Past: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1), 9 pp.
- INECC. (2021). *Atlas Nacional de Residuos Sólidos Urbanos*.
- INEGI. (2020). Compendio de información geográfica municipal. Villa de Tezontepec, Hidalgo, México.
- SEMARNAT. (2015). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*. Ciudad de México.
- SEMARNAT. (2021). Programa de Gestión Integral de Residuos para la Ciudad de México.
- SEMARNAT. (2024). *Informe del Medio Ambiente*. Obtenido de Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales:
<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/cap7.html>
- Tezontepec, V. d. (2020). Plan Municipal de Desarrollo 2020-2024. 138.
- Wayne W., D. (2011). *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*. México: Limusa Wiley.

IX. ANEXOS

1. FORMATO DE ENTREVISTA
2. PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Maestría en Gestión Ambiental

ANEXO 1. Encuesta de campo para el muestreo de generación de residuos sólidos

Fecha de encuesta: _____

Objetivo de la encuesta: _____.

Nombre del encuestador: _____.

Puesto que desempeña: _____.

Institución o empresa a la que pertenece: _____.

No. De muestra: _____. No. Aleatorio _____. Población: _____.

Municipio: _____. En. Fed.: _____ Calle: _____ No.: _____.

C.P.: _____. Colonia: _____. Nivel socioeconómico: _____.

No. Habitantes: _____.

1. ¿Qué hace con los residuos de su casa? _____

2. ¿Pasa el camión de la basura? Si / No

Si contestó No, ¿qué hace con sus residuos?

3. ¿Cada cuanto pasa el camión recolector?

4. Opinión sobre el servicio de recolección: Buena / Regular / Mala

5. ¿Porqué?

6. ¿Hay separación por parte de ustedes antes de entregarla al camión? Si / No

7. ¿Estaría dispuesto a separar sus residuos en orgánico e inorgánico? Si / No

8. ¿Las personas de limpia separan los residuos después? Si / No

9. ¿Han llegado a quemar su basura? Si / No

10. ¿Hay tiraderos de basura a cielo abierto en la comunidad? Si / No

11. ¿Has sabido de algún centro de acopio de residuos electrónicos / pilas / lámparas?

Si / No

ANEXO 2. PROGRAMA MUNICIPAL DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS



Maestría en Gestión Ambiental

C.D. Elsa Dolores Vázquez González
Presidenta Municipal – Villa de Tezontepec

Lic. Javier Martínez Maldonado
Secretario General Municipal

Arq. Francisco Javier Navarrete Arroniz
Secretario de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial

L.D. Claudia de la Llata Mercado
Secretaria de Contraloría Municipal

L.D. Ariel Raúl García Cervantes
Secretario de Tesorería Municipal

CMDT. Omar Martínez Montiel
Secretario de Seguridad Pública y Tránsito Municipal

AUTORA:

Ing. Adrian Carapia Avila, UAEH

COLABORADORES:

Ing. Héctor Alonso Pérez Castillo, Departamento Ecología
Lic. Emma Citlaly Meneses Avila, Departamento Ecología

REVISIÓN:

Biol. Odilón Joel Delgadillo Ramírez, SEMARNATH
Dra. Sylvia Martínez Hernández, UAEH
Dra. Ma. Del Carmen López, UAEH
Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval, UAEH

Primera edición: julio 2024

Tabla de contenido

1. ANTECEDENTES	4
1.1. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL	4
1.2. GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RSU	4
1.3. GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	5
2. VISIÓN, MISIÓN, OBJETIVOS Y POLÍTICA MUNICIPAL EN MATERIA DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	6
2.1. MISIÓN DEL ÓRGANO ENCARGADO DEL PMPGIRSU	6
2.2. VISIÓN DEL PMPGIRSU.....	6
2.3. OBJETIVO GENERAL.....	6
2.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. DIAGNÓSTICO.....	7
3.1. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DEL MUNICIPIO.....	7
<i>Localización</i>	7
<i>Extensión</i>	8
3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MUNICIPIO	8
<i>Clima</i>	9
<i>Temperatura</i>	9
<i>Precipitación</i>	9
<i>Viento</i>	9
<i>Geología superficial</i>	9
<i>Hidrografía</i>	9
<i>Vegetación</i>	9
<i>Fauna</i>	9
<i>Edafología</i>	10
3.3. INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS EN EL MUNICIPIO	10
<i>Educación</i>	10
<i>Analfabetismo</i>	10
<i>Salud</i>	10
<i>Deporte</i>	11
<i>Vías de comunicación</i>	11
<i>Servicios Públicos</i>	11
3.4. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	11
<i>Perfil sociodemográfico</i>	11
<i>Actividades económicas</i>	12
<i>Índice de marginación</i>	13
3.5. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO.....	14
3.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS RSU	15
<i>Obtención y análisis de Datos Oficiales de Población</i>	16
<i>Estimación de la Generación de RSU actuales y su proyección</i>	16
3.7. ORGANIZACIÓN Y OPERACIÓN ACTUAL DEL SERVICIO PÚBLICO DE MANEJO INTEGRAL DE RSU	20
<i>Estructura organizacional</i>	20
<i>Recursos humanos</i>	21
<i>Recursos materiales</i>	23
<i>Recursos financieros</i>	23
<i>Sistemas de planeación</i>	24
<i>Sistema comercial</i>	25
<i>Operación del Sistema por Procesos</i>	25
<i>Almacenamiento</i>	26
3.8. ASPECTOS SOCIALES	33

<i>Conciencia y educación ambiental:</i>	33
<i>Iniciativa privada</i>	34
<i>Separación informal (recicladores)</i>	34
<i>Comercializadores de residuos</i>	34
3.9. MARCO JURÍDICO Y LEGAL	35
<i>Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)</i>	38
<i>Agenda 2030. ODS 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”</i>	38
<i>ODS 12 “Producción y consumo responsables”</i>	38
<i>ODS 13 “Acción por el clima”</i>	38
<i>Normas Mexicanas de referencia</i>	39
4. PLANEACIÓN ESTRATÉGICA DEL MANEJO INTEGRAL DE LOS RSU	39
4.1. ESTRATEGIAS BÁSICAS DEL PROGRAMA MUNICIPAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (PMPGRSU)	40
4.2. PROYECCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PLANEACIÓN (BASES DE DISEÑO)	42
<i>Proyección de la población</i>	42
4.3. ESTRATEGIAS DE MANEJO INTEGRAL.....	42
4.3.1. <i>Sistema de generación</i>	43
4.3.2. <i>Sistema de barrido</i>	44
4.3.3. <i>Sistema de recolección</i>	44
4.3.4. <i>Sistema de tratamiento</i>	46
4.3.5. <i>Sistema de disposición final</i>	46
4.4. REAPROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	47
4.4.1. <i>Compostaje</i>	47
4.4.2. <i>Aprovechamiento de biogás</i>	47
4.5. ESTRATEGIAS PARA SERVICIOS GENERALES.....	48
4.6. ESTRATEGIAS DE PARTICIPACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL	48
4.7. ESTRATEGIAS PARA LA PARTICIPACIÓN DE LA INICIATIVA PRIVADA.....	49
4.8. ESTRATEGIAS DE FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL.....	49
5. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	49
6. MONITOREO DEL PMPGRSU	52
6.1. SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ÍNDICE DE TABLAS	56
ÍNDICE DE FIGURAS	57

Anexo 1. Estudio de Generación y Composición de Residuos Sólidos Urbanos de Villa de Tezontepec 2023.

Anexo 2. Evidencia de Talleres de sensibilización realizados por el Departamento de Ecología.

Anexo 3. Taller participativo para la generación de estrategias

1. Antecedentes

1.1. Problemática ambiental

A diferencia de lo que ocurre en la naturaleza, en donde la mayoría de los procesos biológicos no generan residuos y son altamente eficientes en el consumo de energía, las actividades que desarrolla la sociedad suelen ser ineficientes en cuanto al consumo de energía, agua y materiales, a la vez que se basan por lo general, en procesos lineales generando grandes cantidades de residuos (Cortinas de Nava, 1999). La disposición de los desechos es un tema intimamente ligado a la cultura sustentable de una sociedad. Debido a la creciente generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), manejarlos de manera adecuada es una necesidad que va en crecimiento e involucra a todos los miembros de la sociedad (Cruz Aburto, 2022).

Es conocido que los sistemas de disposición de residuos sólidos urbanos (RSU) no controlados son un foco de contaminación y enfermedades (Jaramillo, 1999). La operación y descomposición de los residuos, generan olores, emisión de gases contaminantes a la atmósfera, y consecuencias relacionadas con la afectación a la salud humana y al medio ambiente (Carreño Gil, Cipamocha Becerra, Machuca Rojas, & Pirazan Cuervo, 2020). La problemática que enfrenta nuestro país en materia de residuos sólidos es de gran impacto social, económico y de salud, que incluye la insuficiencia de recursos económicos y humanos, el déficit en estructuras funcionales de operación, así como la falta de comprensión de la problemática con un enfoque integral (Sanchez Olguin, 2007).

1.2. Gestión Integral de los RSU

La gestión integral de los residuos comprende todas las acciones entorno a su manejo, que incluye la recolección, barrido, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final. Por ejemplo: expedición de reglamentos de limpia, estímulos para la reducción de la basura, promoción de centros de acopio, gestión de recursos y apoyos, capacitación, el manejo integral, así como el impacto al medio ambiente natural y social (Wehenpohl & Hernandez Barrios, 2006).

La Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) considera cuatro instrumentos principales de política en los aspectos de prevención y gestión integral de los residuos (DOF, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2023):

- Programas para la prevención y gestión integral de los residuos (relacionados a los diferentes tipos de residuos, como son los RSU, RME y los RP)
- Planes de manejo (relacionados a los RME y RP)
- Participación social
- Derecho a la información

La gestión integral de los residuos con sostenibilidad ambiental debe entenderse como el conjunto de acciones permanentes y oportunas de planificación y ejecución en los campos administrativo, legal, técnico, económico, social, educativo, de salud y operacional, para el manejo eficiente y equitativo de los residuos sólidos, de tal manera que se cumplan con plenitud los derechos de toda persona al desarrollo y a vivir en un medio ambiente sano. Todo ser humano sin importar su género, origen, capacidades físicas o condición social tiene el derecho a gozar del apoyo del Estado para una gestión eficiente y sustentable de los residuos, que se traduzca en la reducción del riesgo al medio ambiente y la proliferación de enfermedades y efectos dañinos en su salud y conduzca a mejoras tangibles de su calidad de vida (DOF, Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial 2022-2024, 2022).

1.3. Generación de Residuos Sólidos Urbanos

En México, según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la generación de RSU alcanzó 43.8 millones de toneladas en 2020, de los cuales alrededor del 46% fueron residuos orgánicos (SEMARNAT, 2020).

Hidalgo es el 16vo estado más poblado del país, con 3,082,841 habitantes (INEGI, 2020). Se encuentra, además en la posición 17 en cuanto a generadores de residuos sólidos, con una generación diaria promedio de 1,870,271 kg (INEGI, Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales, 2011), con un volumen estimado de 2,649 t/d (INECC, 2021) y una generación per cápita promedio de 0.684 kg/hab/d (INEGI, Censo Nacional de Gobiernos y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2021, 2023).

En el municipio de Villa de Tezontepec en los últimos años se ha incrementado considerablemente el porcentaje de población económicamente activa, así como el total de ingresos por suministro de bienes y servicios (Tezontepec, 2020); el municipio cuenta con una extensa cantidad de unidades económicas y una base de la industria turística, específicamente en la zona centro de la cabecera.

El problema es el acelerado crecimiento de la generación de RSU como consecuencia de los patrones de consumo, del crecimiento económico, del desarrollo urbano y del incremento poblacional, por lo cual cada día se requieren mayores acciones y recursos para manejar los residuos.

2. Visión, Misión, Objetivos y Política Municipal en materia de residuos sólidos.

El Programa para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos del Municipio de Villa de Tezontepec (PMPGIRSU), es un elemento fundamental para que las autoridades y los ciudadanos conozcan los procedimientos para dar cumplimiento a los requerimientos de la normatividad y contribuyan a una gestión integral de los residuos.

Es importante resaltar que el PMPGIRSU marcará la dirección sobre la cual el municipio realizará todas sus políticas y acciones en materia de RSU, y que a su vez le permitirá ser su herramienta de gestión de recursos financieros públicos y/o privados.

2.1. Misión del Órgano Encargado del PMPGIRSU

Brindar eficientemente el servicio integral de manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), atendiendo las necesidades y dando solución a los problemas de la comunidad, mediante una administración responsable y transparente de los recursos asignados, mantener comunicación con la sociedad para llegar a un beneficio en común. Optimizar los recursos existentes antes que ampliar el equipamiento. Evitar y reducir impactos ambientales negativos por el mal manejo de los residuos, los cuales afectan a la salud pública y a los ecosistemas del entorno.

2.2. Visión del PMPGIRSU

Establecerse como el principal instrumento de planeación de la autoridad municipal con respecto del manejo de los RSU, proporcionando los elementos necesarios para evaluar y monitorear el sistema para llevarlo a la mejora continua.

2.3. Objetivo general

Trazar las estrategias, metas y acciones dirigidas a mejorar el manejo de residuos, reducir su generación, fortalecer la innovación y la infraestructura, e incrementar el

aprovechamiento para avanzar hacia una economía circular con la generación mínima de residuos en el municipio de Villa de Tezontepec en el periodo 2022-2030, con la participación incluyente, equitativa, corresponsable y efectiva de todos los involucrados para la adopción de compromisos conjuntos para minimizar la problemática ambiental de los residuos.

Con ello se contribuye para lograr un mejoramiento en el aspecto del paisaje, menor degradación del ambiente, disminución en la generación de fauna nociva y enfermedades, ahorros económicos en la disposición de los RSU y un incremento de la vida útil de los rellenos sanitarios.

2.4. Objetivos específicos

- Analizar el manejo actual de los RSU en el municipio de Villa de Tezontepec, Estado de Hidalgo; mediante entrevistas dirigidas a los responsables del manejo y a los generadores de residuos en general, así como la revisión de la documentación oficial de administraciones pasadas.
- Generar información que sirva de complemento para el Reglamento de Ecología.
- Promover la reducción y la valorización de los RSU, así como su manejo integral, a través de medidas que optimicen los costos administrativos, que faciliten y que hagan más eficientes los procedimientos para su manejo.
- Que el PMPGIRSU sirva como un instrumento para difundir la información de la situación actual del municipio y proporcionar las estrategias y herramientas para la participación de la comunidad.

3. Diagnóstico

3.1. Características geográficas del Municipio

Localización

El municipio de Villa de Tezontepec, se ubica al sur del territorio hidalguense entre los paralelos 19°51' y 19°59' de latitud norte; los meridianos 98°44' y 98°53' de latitud oeste; con una altitud entre 2400 y 2900 msnm (Secretaría de Planeación, 2011).

Colinda al norte con los municipios de Zapotlán de Juárez y Zempoala; al este con el municipio de Zempoala y el Estado de México; al sur con el Estado de México; al oeste con el Estado de México y los municipios de Tolcayuca y Zapotlán de Juárez (Figura 1).

Extensión

Este municipio cuenta con una superficie de 90.73 km² y representa el 0.44% de la superficie del estado, dentro de la región geográfica denominada como Cuenca de México (Secretaría de Planeación, 2011).

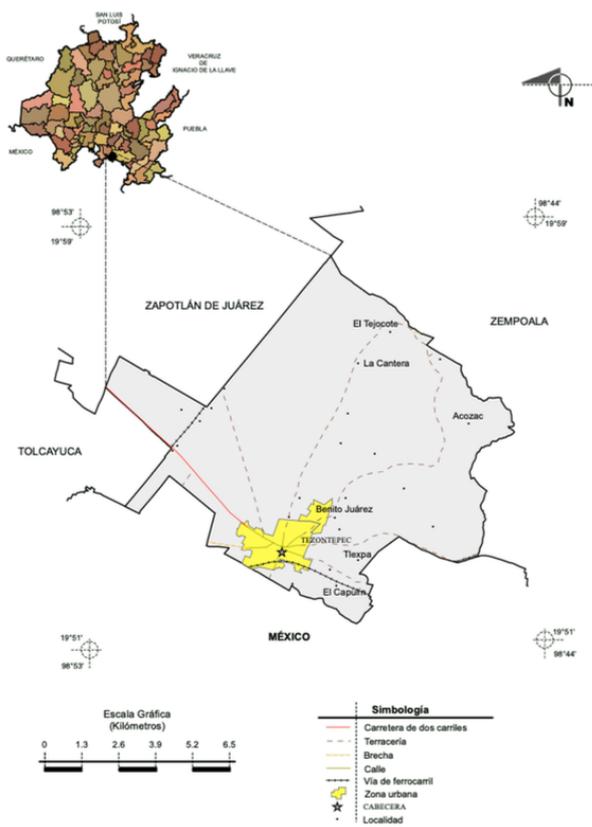


Figura 1. Localización de Villa de Tezontepec

3.2. Características físicas del Municipio

Maestría en Gestión Ambiental

Clima

El clima predominante en la región, es semiseco templado, con lluvias en verano y otoño (Secretaría de Planeación, 2011).

Temperatura

Las temperaturas medias anuales en la localidad varían de 13°C a 15°C (Secretaría de Planeación, 2011).

Precipitación

Las precipitaciones pluviales fluctúan entre 400mm a 600mm, siendo los meses de abril a agosto los de mayor precipitación (Secretaría de Planeación, 2011).

Viento

Con respecto del viento, la velocidad promedio del viento por hora en Villa de Tezontepec tiene variaciones estacionales leves. La parte más ventosa del año dura de febrero a octubre, con velocidades promedio del viento de más de 9.3 km por hora (Secretaría de Planeación, 2011).

Geología superficial

Como unidad más antigua se tiene el periodo cuaternario (62.87%) y Neógeno (32.62%), constituido principalmente por roca ígnea extrusiva: basalto (9.47%), andesita (3.12%), toba básica (1.9%) y brecha volcánica básica (1.28%); además de roca sedimentaria: conglomerado (20.49%) y suelos: aluvial (59.23%) (INEGI, Compendio de información geográfica municipal, 2010).

Hidrografía

Villa de Tezontepec se abastece directamente de la Región hidrológica no. 26 Pánuco, de la Cuenca Río Moctezuma y de la subcuenca Río Tezontepec (Secretaría de Planeación, 2011).

Vegetación

En el municipio la flora que predomina y que cubre la mayor parte de este municipio es de tipo desértico y la vegetación que se encuentra se compone de matorral inerme y alto, también se encuentra el maguey, las yucas, el cardón, el nopal y en algunos caso hay árboles de pirul (Secretaría de Planeación, 2011).

Fauna

La fauna que existe en el municipio es la característica de tipo desértico la cual se compone de los siguientes mamíferos como: coyotes, conejos, zorrillos, tuzas y topos (Secretaría de Planeación, 2011).

También se encuentran varios tipos de reptiles, insectos y una gran variedad de arácnidos.

Edafología

El suelo dominante en el municipio es Phaeozem (63.25%), Cambisol (17.25%), Leptosol (12.06%) y Regosol (2.93%) (INEGI, Compendio de información geográfica municipal, 2010).

3.3. Infraestructura y servicios en el Municipio

Educación

En 2020, los principales grados académicos de la población de Villa de Tezontepec fueron Secundaria (3.84k personas o 40.8% del total), Primaria (2.02k personas o 21.5% del total) y Preparatoria o Bachillerato General (1.66k personas o 17.6% del total) (SE, 2020).

El Municipio de Villa de Tezontepec cuenta con diversos centros de educación y con gran demanda educativa en todos los niveles que van desde la educación inicial hasta la educación media superior Tabla 1.

Tabla 1. Educación en Villa de Tezontepec

	Escuelas	Alumnos	Docente personal
Preescolar	13	451	30
Primaria	12	1,522	79
Secundaria	4	670	49
Media Superior	2	258	21
Superior	0	0	0

Fuente: Infografía Villa de Tezontepec 2023 (SIGEH, 2023).

Analfabetismo

La tasa de analfabetismo promedio en Villa de Tezontepec en el año 2020 fue de 2.99%. Del total de población analfabeta, el 42.8% correspondió a hombres y 57.2% restante a mujeres (SE, 2020).

Salud

La atención médica que se presta a la población de este municipio está integrada por 5 Unidades Médicas, distribuidas en todo el municipio, de las cuales dos son Servicios Médicos Privados (SMP), dos de Seguro Popular (SSA) y una Unidad de Salud de Hospitalización (SE, 2020).

En Villa de Tezontepec, las opciones de atención de salud más utilizadas en 2020 fueron Centro de Salud u Hospital de la SSA (Seguro Popular) y Consultorio de farmacia.

Deporte

Para la práctica deportiva, Villa de Tezontepec cuenta con dos Centros y Unidades deportivas municipales.

Vías de comunicación

Se cuenta con una longitud de la red carretera de 47.7 km, de las cuales 14 km son de carretera estatal, 19 km de caminos rurales y 15 km de Brechas mejoradas (SIGEH, 2023).

Servicios Públicos

El municipio ofrece a sus habitantes en la cabecera municipal servicios de alumbrado público, agua, parques y jardines, mercados, rastros, panteones, vialidad y seguridad pública, entre otros.

Tabla 2. Cobertura de servicios en el municipio

Servicio	Cobertura (%)
Agua potable	93
Drenaje	92
Energía eléctrica	97

Fuente: Elaboración propia con información de Infografía (SIGEH, 2023).

3.4. Aspectos socioeconómicos

Perfil sociodemográfico

Grupos étnicos

De acuerdo con los resultados que presentó el Censo de Población y vivienda en el 2020, en el municipio habitan un total 77 personas que hablan alguna lengua indígena, lo que corresponde a 0.59% del total de la población de Villa de Tezontepec. Las lenguas indígenas más habladas fueron Náhuatl (24 habitantes), Totonaco (10 habitantes) y Mazateco (8 habitantes) (SE, 2020).

Evolución demográfica

En el último Censo de Población y vivienda del 2020 se registra un total de 13,032 habitantes, siendo 51.5% mujeres y 48.5% hombres.

Los rangos de edad que concentraron mayor población fueron 15 a 19 años (1,178 habitantes), 20 a 24 años (1,177 habitantes) y 10 a 14 años (1,167 habitantes). Entre ellos concentraron el 27% de la población total (SE, 2020).

Maestría en Gestión Ambiental

Vivienda

De acuerdo a los resultados que presentó el Censo de Población y vivienda en el 2010, en el municipio cuentan con un total de 2,775 viviendas de las cuales 2,751 son particulares (SE, 2020).

Religión

Al año 2010 de acuerdo al Censo General de Población y Vivienda del INEGI, el porcentaje de población que practica la religión católica es del 93% y el 7% practica otras como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Practicantes de religión en Villa de Tezontepec.

Católica	10,841
Pentecostales y Neopentecostales	20
Otras Evangélicas	209
Adventistas del Séptimo Día	70
Testigos de Jehová	60
Otras Religiones	3
Sin Religión	105
No especificado	346

Fuente: (Secretaría de Planeación, 2011)

Actividades económicas

En Villa de Tezontepec se llevan a cabo diversas actividades productivas, que aportan buena parte de los ingresos del estado.

Agricultura

En esta materia dentro de las localidades del municipio se encuentran como sus principales cultivos maíz con una superficie sembrada de 414 hectáreas, cebada con 3,545 hectáreas y frijol con 150 hectáreas. La cual representa la actividad más común que se desarrolla en la región y que permite el sustento de una parte de la población (Secretaría de Planeación, 2011).

Silvicultura

En este aspecto, el municipio cuenta con una vegetación semidesértica, únicamente cuenta con arbustos altos inermes y matorrales y su uso es agrícola y de agostadero (Secretaría de Planeación, 2011).

Ganadería

El municipio cuenta con actividad ganadera, se cría el ganado bovino de carne y leche, con 1,483 cabezas, porcino con 723 cabezas, ovino con 7,653 cabezas y caprino con 722 cabezas (Secretaría de Planeación, 2011).

Avicultura

En el municipio existe una población de 6,963 aves, las cuales se crían para postura y engorda (Secretaría de Planeación, 2011).

Apicultura

Existe una población de 890 colmenas, en algunas localidades es en donde se lleva a cabo la explotación de la miel y cera de abeja (Secretaría de Planeación, 2011).

Industria y Comercio

Al 2023 se registra el Parque Industrial en Hidalgo (PLATAH), con un área aproximada de 1,598,487.96 m² con venta de terrenos industriales y naves en renta. Acceso directo desde Arco Norte y carretera México-Pachuca.

En materia de comercio, el Municipio cuenta con tianguis semanal, y 2 tiendas de DICONSA. También cuenta con panadería, ferretería y farmacias (Secretaría de Planeación, 2011).

Turismo

En esta materia se pueden visitar la iglesia y exconvento de San Pedro, las cuales fueron construidas en 1540 y 1554, respectivamente por los frailes agustinos. Se caracteriza por tener una gran barda almenada que da acceso a este sencillo conjunto agustino que fuera construido a mediados del siglo XVI.

El templo cuenta con una fachada simple sin decoración y en uno de sus costados se encuentra una Capilla de gran sabor indígena.

Además el municipio cuenta con los servicios de gasolineras, restaurante, paradero de autobuses, taxis, casa de huéspedes, servicios profesionales jurídicos y médicos.

Índice de marginación

De acuerdo con su índice de marginación, el municipio es ubicado en un Grado de Marginación Muy bajo (Tabla 4). Así, de acuerdo con el contexto nacional, Villa de Tezontepec ocupa el lugar 2100 (CONAPO, 2020).

Al interior del municipio, el 90% de las localidades activas se encuentran en Muy bajo grado de marginación y el 10% en Baja marginación (CONAPO, 2020).

Tabla 4. Índice de marginación

Clave entidad	Nombre de la entidad	CVE MUN	Nombre de municipio	Grado de marginación	Lugar que ocupa en el contexto nacional
13	Hidalgo	13066	Villa de Tezontepec	Muy bajo	2,100

Fuente: Elaboración propia utilizando estimaciones del CONAPO con base en el INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020.

3.5. Problemática ambiental en el municipio

Uno de los principales problemas del manejo actual de los RSU en el municipio es la falta de un reglamento donde se describa el proceso de manejo, se incluyan las acciones de inspección y vigilancia de la normatividad aplicables, además de la gestión de campañas de capacitación para promover la reducción, el reúso y valorización de los residuos.

Hasta ahora, la valorización de los residuos no se ha priorizado tanto por los ciudadanos, como el mismo sistema de gestión. Los recicladores son los principales responsables de la separación de los residuos y, en menor medida, una pequeña parte de la población. Se da una marcada gestión tradicional en el manejo de sus residuos sólidos, ya que la disposición de éstos se realiza en relleno sanitario y la recuperación de materiales aprovechables se hace por personas de escasos recursos económicos, en condiciones antihigiénicas Figura 2.

Los residuos se entregan mezclados, incluso en menor volumen con Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP), lo que genera un problema, reduciendo la probabilidad de reintegrar los materiales a nuevos procesos productivos, fomentar su consumo con el fin de estimular los mercados, y buscar con ello la implementación de la visión de basura cero (DOF, 2022 Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los RME). El ser reutilizados, permite reducir la cantidad de los residuos sólidos que llegan a disposición final y así, alargar el tiempo de vida útil del relleno sanitario.

Por otro lado, se detectó que parte de la población practica la quema a cielo abierto de residuos sólidos, generando partículas, gases y contaminantes tóxicos en el ambiente, pero gran parte de la población no tiene conciencia de estos peligros, además, ciertos habitantes continúan con la mala costumbre de arrojarlos a las calles o barrancas.



Figura 2. Separación de residuos en Sitio de Disposición Final

Fuente: recorrido en sitio.

3.6. Características de los RSU

La determinación de la cantidad de residuos generados y su composición, estuvo fundamentado en las siguientes normas de referencia:

- NMX-AA-022-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - selección y cuantificación de subproductos.
- NMX-AA-19-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - peso volumétrico "in situ".
- NMX-AA-61-1985, Protección al ambiente - contaminación de suelo - residuos sólidos municipales - determinación de la generación.

- NMX-AA-15-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - muestreo - método de cuarteo.

Obtención y análisis de Datos Oficiales de Población

El acopio y análisis de información existente fue a través del Consejo Nacional de Población (CONAPO) para obtener los datos oficiales de población, y los datos de generación de residuos fue a través del Estudio de Generación y Composición de RSU de Villa de Tezontepec 2023 (Anexo 1).

Los resultados de las proyecciones de la Tabla 5 se usaron para realizar los diferentes cálculos relacionados con la Proyección de RSU para el Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo.

Tabla 5. Proyección de población en Villa de Tezontepec

Año	Población	Tasa de crecimiento
2020	13032	1.14
2021	13088	0.43
2022	13141	0.40
2023	13190	0.37
2024	13236	0.34
2025	13277	0.31
2026	13315	0.28
2027	13348	0.24
2028	13476	0.96
2029	13599	0.91
2030	13717	0.86
2031	13831	0.83
2032	13941	0.79
2033	14047	0.76
2034	14149	0.73
2035	14249	0.70

Fuente: Elaboración propia con información del CONAPO Proyecciones de Población 2005-2050.

Estimación de la Generación de RSU actuales y su proyección

Para el desarrollo del presente apartado, se consideraron los resultados obtenidos del Estudio de Generación y Composición de RSU 2023 realizados por el H. Ayuntamiento de Villa de Tezontepec en colaboración con la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6. Resultados de Generación de RS para el año 2023 en Villa de Tezontepec.

Año	Población	Generación diaria (Ton/día)	Generación per cápita (kg/hab-día)
2023	13,032	5.54	0.42

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio de Generación y Composición de RSU 2023.

En México, como en el caso de muchos otros países, el crecimiento de la generación marcha a la par del gasto del consumo final privado y el Producto Interno Bruto (PIB) nacional (SEMARNAT, Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2015). Esta relación que se ha observado también en otras regiones del mundo, se traduce en que a mayores niveles de consumo se produce un mayor volumen de residuos. Se consideró el promedio de los valores de la variación del PIB en porcentaje de los últimos 10 años, para obtener la tasa de crecimiento de residuos de México y realizar la proyección, obteniendo un valor de 1.25% anual. Obteniendo los resultados que se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Proyección de Generación de RSU de casa-habitación.

Año	Habitantes	Promedio generación (kg/día-hab)	Generación (ton/día)
2023	13190	0.42	5.54
2024	13236	0.43	5.63
2025	13277	0.43	5.72
2026	13315	0.44	5.80
2027	13348	0.44	5.89
2028	13476	0.45	6.02
2029	13599	0.45	6.15
2030	13717	0.46	6.28
2031	13831	0.46	6.42
2032	13941	0.47	6.55
2033	14047	0.48	6.68
2034	14149	0.48	6.81
2035	14249	0.49	6.95

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio de Generación y Composición de RSU 2023 y Proyecciones CONAPO 2005-2050.

Los datos obtenidos son un importante instrumento de gestión para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección, se observa un incremento en la generación de RSU (Figura 3). Para el 2035 se estarán generando aproximadamente 7 toneladas al día de residuos domésticos.

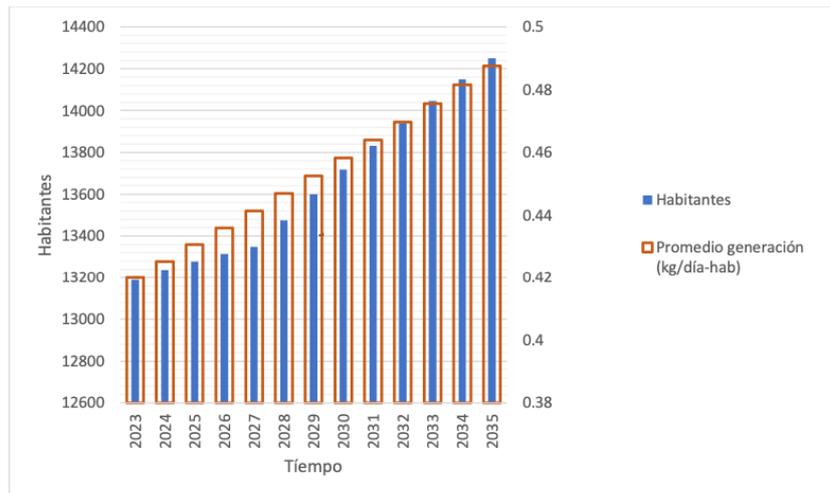


Figura 3. Proyección de la generación de RSU de casa-habitación

Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio de Generación y Composición de RSU 2023 y Proyecciones CONAPO 2005-2050.

La tendencia en la composición de los RSU generados se ajusta a los estándares nacionales ya que la materia orgánica aporta casi el 63%, mientras que los subproductos potencialmente reciclables representan el 12% en promedio. En la Tabla 8 se detallan estos resultados y en la Figura 4 se muestran gráficamente.



Figura 4. Fracciones de los residuos sólidos urbanos generados en Villa de Tezontepec, Hidalgo, México.

Fuente: Elaboración propia con datos de Estudio de Generación y Composición de RSU de Villa de Tezontepec.

Tabla 8. Composición de los RSU.

Fracción	Residuos	%
Orgánicos	Cuero	1.6
	Hueso	3.2
	Madera	0.3
	Residuos alimentarios	51
	Residuos jardinería	7
Plásticos	Plástico rígido y de película	6.4
	Poliestireno expandido	0.81
	Poliuretano	0.2
Sanitarios	Pañal desechable	11.1
Valorizables	Cartón	2.7
	Lata	0.71
	Material ferroso	0.2
	Material no ferroso	0.28
	Papel	3.85
	PET	1.85
	Tetrapak	0.87
	Vidrio de color	0.35
Vidrio transparente	1.5	
Otros	Envase de cartón encerado	0.8
	Fibras sintéticas	0.02
	Hule	0.2

Fracción	Residuos	%
	Algodón	0.5
	Loza y cerámica	0.53
	Material de construcción	0.1
	Residuo fino	0.42
	Trapo	2.1
	Botes de pintura	0.83
	Otros (electrónicos, medicamentos, cubrebocas)	0.58

Fuente: Elaboración propia con datos de muestreo.

3.7. Organización y operación actual del servicio público de Manejo Integral de RSU

Estructura organizacional

El H. Ayuntamiento de Villa de Tezontepec, para el periodo comprendido del 2021 al 2024 la estructura de la Dirección de Servicios Públicos es quien tiene dentro de sus atribuciones el servicio de Limpia del municipio. Está formado con la siguiente estructura (Figura 5):

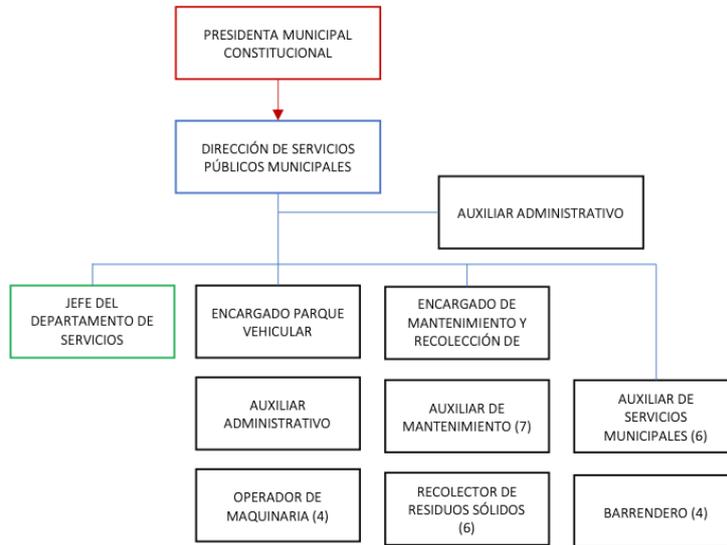


Figura 5. Organigrama de la Dirección de servicios públicos municipales.

Fuente: Manual de organización de Villa de Tezontepec 2024.

Por otro lado, la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial es quien tiene a su cargo la supervisión del funcionamiento del Sitios de Disposición final y su estructura se muestra en la Figura 6.

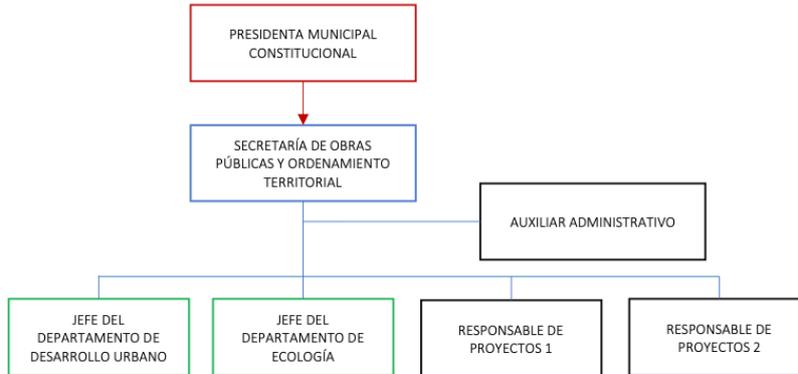


Figura 6. Estructura de la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial.

Fuente: Manual de organización de Villa de Tezontepec 2024.

Recursos humanos

El personal que trabaja directamente con el manejo integral de los RSU está compuesto por una plantilla de 18 personas, se resumen las funciones del personal involucrado en la Tabla 9.

Tabla 9. Funciones del personal involucrado en el Manejo de RSU.

Puesto	Personas	Funciones
Director de servicios públicos municipales	1	<ul style="list-style-type: none"> Vigilar que se lleven a cabo las actividades relacionadas a la recolección, transferencia y disposición final de residuos. Asignar ruta de compactadores y ruta de barrenderos. Supervisar rutas de recolección. Supervisar las acciones de barrido en la plaza cívica, andadores y vías principales aledañas al centro de la cabecera municipal.
Jefe del Departamento de Ecología	1	<ul style="list-style-type: none"> Supervisión del funcionamiento de los sitios de disposición final de RSU del municipio. Coordinar y administrar el manejo integral de los RSU, en sus diferentes etapas, aprovechamiento y disposición final, mediante la instalación y conservación de plantas tratadoras.
Auxiliar administrativo	1	<ul style="list-style-type: none"> Toma reporte de recolección extraordinario.

Maestría en Gestión Ambiental

Puesto	Personas	Funciones
		<ul style="list-style-type: none"> • Coordinar operativos de limpieza de eventos masivos. • Programar revisiones de mantenimiento de las unidades a cargo. • Recibe las notificaciones de algún desperfecto de unidades. • Solicitar a tesorería el pago a proveedores para refacciones, combustible y equipo para el buen desempeño de las unidades. • Elaborar el presupuesto basado en resultados municipales y sus informes. • Elaborar el listado de actividades para el informe anual concentrado del Ayuntamiento. • Elaborar requisiciones de material de oficina, material de limpieza, herramientas, etc. • Llevar el control documental del Departamento.
Barrendero	4	<ul style="list-style-type: none"> • Barrer ruta asignada en primer cuadro.
Chofer	2	<ul style="list-style-type: none"> • Conducir y mantener las unidades de recolección que tiene asignada en condiciones óptimas para trabajar. • Notificar al jefe inmediato de contratiempos, descomposturas o averías en sus unidades.
Operador de maquinaria	4	<ul style="list-style-type: none"> • Conducir maquinaria pesada (Retroexcavadora y camión de volteo).
Recolector de residuos sólidos	1	<ul style="list-style-type: none"> • Participar en las actividades de recolección en instancias públicas y por domicilio.
Personal informal en la disposición final de RSU	5	<ul style="list-style-type: none"> • Separar los residuos valorizables en el sitio de disposición final.
TOTAL	18	

Fuente: H. Ayuntamiento de Villa de Tezontepec.

A continuación, se presenta la información referente a sueldos del personal relacionado con la prestación del servicio en la Tabla 10.

Tabla 10. Información referente a sueldos del personal de manejo integral de RSU.

Puesto	Personal	Sueldo unitario	Gratificación anual	Total
Encargado de mantenimiento y recolección de residuos	1	\$8,000.00	\$16,000.00	\$112,000.00
Recolector de residuos sólidos (1)	1	\$7,873.22	\$15,746.44	\$110,225.08
Recolector de residuos sólidos (2)	1	\$7,873.22	\$15,746.44	\$110,225.08
Recolector de residuos sólidos (3)	1	\$6,320.00	\$12,640.00	\$88,480.00
Recolector de residuos sólidos (4)	1	\$6,364.31	\$12,728.62	\$89,100.34

Maestría en Gestión Ambiental

Puesto	Personal	Sueldo unitario	Gratificación anual	Total
Recolector de residuos sólidos (5)	1	\$6,364.31	\$12,728.62	\$89,100.34
Recolector de residuos sólidos (6)	1	\$6,320.00	\$12,640.00	\$88,480.00
TOTAL	7	No aplica	No aplica	\$687,610.84

Fuente: H. Ayuntamiento de Villa de Tezontepec.

Todo el personal de servicios públicos municipales cuenta con un sueldo y prestaciones como son aguinaldo, vacaciones, fondo de retiro, uniforme de trabajo, entre otros (H. Ayuntamiento de Villa de Tezontepec).

Recursos materiales

El Departamento de Limpia Municipal cuenta con los recursos materiales que se describen en la Tabla 11, atendiendo al 90% del territorio municipal.

Tabla 11. Recursos materiales en la recolección de RSU.

Recursos y/o infraestructura	Cantidad	Observaciones
Sitio de disposición final	1	Operando
Estación de transferencia	0	En trámite
Maquinaria pesada	2	Retroexcavadora
Camiones recolectores	2	Compactadores, sin separación de residuos
Camión de carga	1	Camión de volteo
Carritos de barrido manual	4	NA

Fuente: H. Ayuntamiento Villa de Tezontepec.

Recursos financieros

Los recursos financieros son administrados directamente por la Tesorería Municipal, quien es la encargada de suministrar lo necesario para el funcionamiento de la Dirección de Servicios Públicos y de todos sus departamentos. Así como la encargada de realizar los pagos a los prestadores de servicios relacionados con la transferencia y disposición final de residuos.

Se destina aproximadamente el 3% del presupuesto anual (PO, Ley de Ingresos para el Municipio de Villa de Tezontepec, 2022) en el mantenimiento y funcionamiento del Relleno Sanitario de Villa de Tezontepec.

Maestría en Gestión Ambiental

Sistemas de planeación

El manejo de los residuos sólidos municipales se apega a la metodología establecida en el *Manual para la planeación, programación y presupuesto de egresos municipal para el ejercicio fiscal 2020* (Tabla 12 y Tabla 13).

Tabla 12. Partida presupuestada del servicio de limpia y recolección de RSU.

Dependencia General	Servicios Públicos
Dependencia Auxiliar	Limpia
Pilar de desarrollo / Eje transversal	Pilar 3, Territorial
Tema de Desarrollo	Acción por el clima
Programa a presupuestarios	Gestión Integral de Residuos Sólidos
Proyectos presupuestarios	Coordinación para servicios de limpia y recolección de RSU. Manejo Integral de RSU.
Objetivo del programa a presupuestario	Conjunto articulado e interrelacionado de acciones, para el manejo integral de residuos sólidos, desde su generación hasta su disposición final.

Fuente: H. Ayuntamiento Villa de Tezontepec.

Tabla 13. Programa presupuestal y de trabajo.

Proyecto presupuestario	Principales acciones	Área encargada
Coordinación para servicios de limpia y recolección de RSU.	Mapeo de las rutas de recolección de RSU. Recolección de RSU. Mantenimiento del equipo de recolección de RSU.	Servicios Públicos
Manejo integral de RSU	Elaboración y ejecución del Programa de Manejo Integral de RSU. Recepción de toneladas de RSU en sitios de disposición final.	Departamento de Limpia.

Fuente: H. Ayuntamiento Villa de Tezontepec.

A continuación, se muestra en la Tabla 14 el gasto mensual de gasolina para la operación de las unidades de recolección de RSU.

Tabla 14. Costo total mensual del ejercicio 2023 de gasolina para camiones recolectores.

Mes	Compactador 03	Compactador 04
Enero	\$12,800.00	\$11,200.00
Febrero	\$12,800.00	\$12,800.00
Marzo	\$13,400.00	\$15,000.00
Abril	\$13,400.00	\$13,400.00
Mayo	\$15,300.00	\$15,300.00
Junio	\$16,800.00	\$16,800.00
Julio	\$16,200.00	\$16,200.00
Agosto	\$17,500.00	\$17,900.00
Septiembre	\$15,200.00	\$15,200.00
Octubre	\$18,500.00	\$18,500.00

Maestría en Gestión Ambiental

Mes	Compactador 03	Compactador 04
Noviembre	\$18,500.00	\$18,500.00
Diciembre	\$9,500.00	\$9,500.00
TOTAL	\$179,900.00	\$180,300.00

Fuente: H. Ayuntamiento Villa de Tezontepec.

A continuación, se describe el costo mensual del mantenimiento del Relleno Sanitario:

Tabla 15. Costo mensual y anual del Relleno Sanitario

Partida	Costo mensual	Costo anual
Gasolina camiones recolectores	\$30,017.00	\$360,200.00
Personal recolección de residuos.	\$57,300.87	\$687,610.84
Renta D8	\$10,000.00	\$120,000.00
Viaje de camión c/tepetate	\$33,000.00	\$396,000.00
Tepetate (420 m ³)	\$11,000.00	\$132,000.00
Operadores maquinaria	\$1,000.00	\$12,000.00
Cal (300 kg)	\$3,000.00	\$36,000.00
Combustible maquinaria(450 litros)	\$12,000.00	\$144,000.00
Fumigación	\$4,000.00	\$48,000.00
TOTAL	\$161,317.87	\$1,935,810.84

Fuente: H. Ayuntamiento Villa de Tezontepec.

Sistema comercial

No existe un sistema comercial en torno a los RS en el municipio. El personal de recolección no realiza selección de ningún tipo de material conforme al Artículo 91 y 92 de la Ley de hacienda para los municipios del Estado de Hidalgo.

Operación del Sistema por Procesos

Como parte de la operación del sistema (Figura 7), se describen y evalúan los rubros técnicos y operativos destacando los aspectos de logística, personal involucrado, maquinaria y equipo.

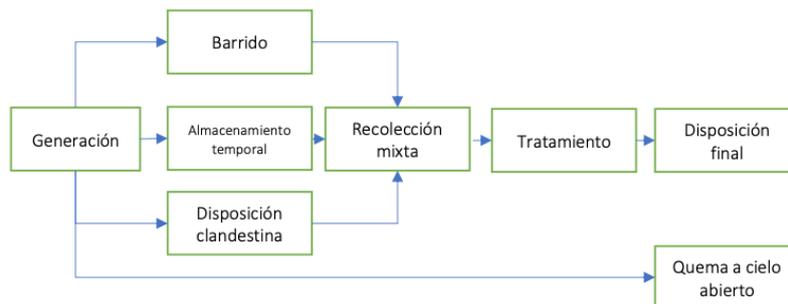


Figura 7. Flujograma del sistema de manejo de RSU en Villa de Tezontepec.

Fuente: H. Ayuntamiento Villa de Tezontepec.

Almacenamiento

En las instalaciones del Ayuntamiento se realiza un almacenamiento temporal de residuos no perecederos o de mayor duración como llantas, cartón, papel, PET, aluminio, etc., sólo de lo que se genera dentro de las instalaciones. Lo mismo ocurre con las escuelas o domicilios que realizan separación selectiva, quienes usan el servicio de recolectores recicladores particulares provenientes de otros municipios. En el sitio de disposición final se almacenan los residuos que separan los recicladores y estos se recogen una vez a la semana por empresas recicladoras de la región.

Actualmente no se cuenta con áreas o elementos específicos para el almacenamiento temporal de los RSU, esto lleva a las unidades a transportar los residuos hasta el sitio de disposición final viaje a viaje.

Se tienen contenedores de 200 L de capacidad en el Centro del Municipio, principal atractivo turístico y uno de los sitios con mayor cantidad de comercios. Estos contenedores están hechos de metal y no tienen separación (Figura 8).



Figura 8. Contenedores del municipio de Villa de Tezontepec

El proceso del manejo de los residuos de forma general se muestra en la Figura 7, se ha adaptado a las condiciones de la situación local y las posibilidades que tiene el municipio.

Barrido

Un camión de volteo apoya en la recolección de los residuos que a diario se barren, previamente se acuerda un punto de reunión, donde el chofer recolecta dichos residuos.

El equipo y herramienta por trabajador consta de: escoba, pala, contenedor móvil para residuos sólidos, botas, overol, guantes y cubre bocas (Figura 9).



Figura 9. Barrido en la zona centro de Villa de Tezontepec

Actualmente, el municipio se encarga de prestar el servicio de barrido, el cual se realiza de forma manual, en los centros de todas las localidades pertenecientes al municipio, cubriendo una distancia de 1 km al día, así como en la cabecera municipal, cubriendo una superficie diaria de 2 km².

El servicio de barrido se lleva a cabo 5 días a la semana (de lunes a viernes) en un horario de 7:00 am a 2:00 pm. En las principales localidades los encargados de asignar personal para esta tarea son los delegados, mientras que en la Cabecera Municipal se asignan dos personas de la Dirección de Servicios Públicos. No se cuenta con barrido mecánico.

En la Tabla 16 se desglosan las seis rutas de recolección:

Tabla 16. Rutas de barrido y recolección de RSU del municipio de Villa de Tezontepec.

No. De Ruta	Localidad	Barrido y Recolección
Ruta A	Calle reforma de Belisario Domínguez a camino a Zapotlán	Centro
	Calle Guadalupe Victoria	
	Calle Vicente Guerrero	
	Calle Gómez Farias	
	Calle Cuauhtémoc	

Maestría en Gestión Ambiental

No. De Ruta	Localidad	Barrido y Recolección
	Calle 16 de septiembre	
Ruta B	AV. Juárez de río papalote a 5 de mayo	
	Calle 5 de mayo de Juárez a Av. Hidalgo	
	Av. Hidalgo de 5 de mayo a río papalote	
	Av. La Paz	
	Av. Iturbide de centenario a Av. Hidalgo	
Ruta C	Belisario Domínguez a Av. 5 de mayo a Reforma	
	Reforma de Belisario Domínguez a Av. San Juan	
	Av. Hidalgo de 5 de mayo a Reforma	
	Calle 5 de mayo de Av. Hidalgo a Jagüey de los Aires	
	Av. Constitución de Zaragoza a Reforma	
	Calle Guillermo Prieto de Zaragoza a Iturbide	
Ruta D	Av. Iturbide de Av. Hidalgo a Altamirano	
	Calle Hilario Orozco	
	Centenario de Calle Hilario Orozco a Calle 5 de mayo	
	Calle Morelos de Av. Juárez hasta plaza 16 de enero	
	Belisario Domínguez de Calle Morelos a 5 de mayo	
Ruta de los lunes	Plaza Juárez rodear jardineras a calle zaragoza y explanada de plaza 16 de enero	
Ruta de los domingos	Todo el personal realiza limpieza de centro considerando la basura de los tambos colocados en el centro y por las tardes limpieza de calle Av. Hidalgo de 5 de mayo a Iturbide.	
	Recolectar basura de los comerciantes de la plaza principal y mantener limpio la plaza (trabajan 2 carritos por fin de semana)	

Fuente: H. Ayuntamiento Villa de Tezontepec.

La recolección se realiza cada tres días para algunas rutas, lo que permite romper el ciclo de reproducción de la mosca que se considera de siete días.

Disposición clandestina

A partir del recorrido en campo y las encuestas iniciales realizadas durante el Diagnóstico de generación y composición de residuos sólidos urbanos (2023), se identificó que una parte de la población aún deposita sus residuos en las calles y barrancas.

Recolección mixta

El servicio de recolección municipal cuenta con una cobertura aproximada del 90% del territorio urbano, quedando pendiente por atender 10% restante, por tratarse de sitios más aislados, generalmente asentamientos irregulares y de difícil acceso para los vehículos que prestan este servicio.

La prestación del servicio de recolección se realiza 6 días a la semana (de lunes a sábado), a través de un turno de 7:00 a 14:00 horas, y cuando es necesario por la falta de personal o vehículos, se designa un turno vespertino en un horario de 14:00 a 20:00 horas. El tipo de

recolección actual que se realiza es mixta, no selectiva. El método de recolección más empleado es el de acera como se muestra en la Figura 10, que consiste en que los vehículos recorren las calles de la ciudad y los ciudadanos sacan de sus domicilios en toda clase de recipientes o bolsas de plástico sus residuos domiciliarios.



Figura 10. Recolección de RSU.

Fuente: recorrido en campo.

Actualmente, el municipio cuenta con dos vehículos (Tabla 17) destinados a prestar el servicio de recolección, de los cuales, sólo uno es de reciente adquisición y el otro tiene más de 10 años de servicio. El personal encargado de esta actividad está conformado por 2 choferes y 1 auxiliar recolector.

Tabla 17. Vehículos de recolección de RSU del municipio.

Marca	Modelo	Tipo	Capacidad
HINO 3000	2012	Camión compactador	3/5 ton
INTERNATIONAL MV607	2023	Camión compactador	4/5 ton

Fuente: H. Ayuntamiento Villa de Tezontepec.

Tratamiento

Actualmente se cuenta con muy pocos centros de acopio en el territorio municipal registrados de manera formal. Se genera una pérdida de recursos por los residuos que son susceptibles a reciclar, aprovechar y/o valorizar.

Disposición final

De acuerdo con la información proporcionada por los recolectores y trabajadores informales (recicladores), de todos los residuos susceptibles que llegan al sitio de disposición final, la cantidad de productos como el PET, aluminio o electrodomésticos se ha reducido considerablemente.

El resto de residuos susceptibles de ser aprovechados, como cartón, plástico, vidrio, etc., se separan en el tiradero por recicladores, sin embargo, como los residuos llegan mezclados, entre orgánicos e inorgánicos, la cantidad de residuos susceptibles de ser aprovechados se reduce. Los residuos que se clasifican son almacenados temporalmente en el mismo sitio y son vendidos a los recicladores de la región.

Los residuos que no alcanzan a ser separados para valorizarlos, se disponen en el relleno sanitario del municipio de Villa de Tezontepec (Figura 11), el cual se ubica dentro del predio denominado Rancho Guadalupe con superficie aproximada de una hectárea, se encuentra en las coordenadas geodésicas 19°54'36.2 latitud N 98°47'27.6 longitud W (Tabla 18). Está ubicado a poco más de 5 km de la cabecera municipal.

Al sitio de disposición final se llega saliendo de la Comunidad de Tezontepec y rumbo al camino de acceso al relleno sanitario, el cual se encuentra ubicado en el polígono que conforma el rancho Guadalupe, de oriente a poniente; inicia en el entronque con la C.A. Villa de Tezontepec- Cantera, en el km 2+931 y a una distancia del Arco Norte sobre la misma carretera de 1+200 km. Desemboca en el relleno sanitario, teniendo una longitud de 1,700.46 metros lineales. El promedio a lo largo del camino de acceso al relleno sanitario es de 4 metros lineales.

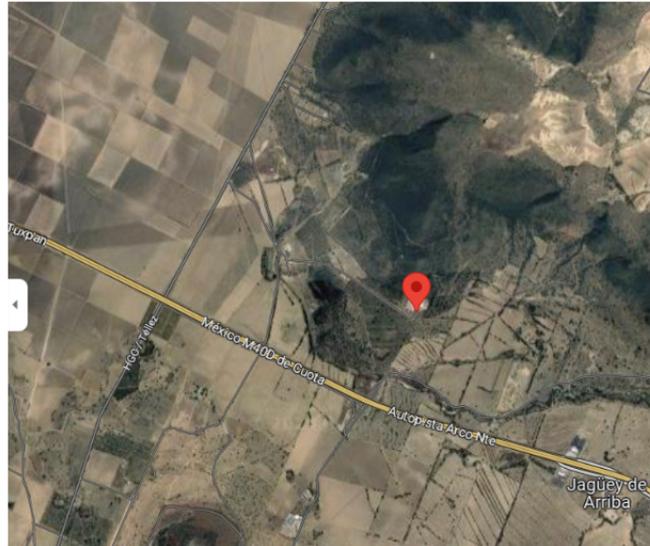


Figura 11. Ubicación del relleno sanitario de Villa de Tezontepec.

Fuente: Imagen del Google maps.

Tabla 18. Coordenadas del Relleno Sanitario.

Vértice	Coordenada E	Coordenada N
A	521816.20 m	2201635.02 m
B	521908.14 m	2201591.00 m
C	521867.93 m	2201499.55 m
D	521778.15 m	2201545.40 m

Fuente: H. Ayuntamiento de Villa de Tezontepec.

A continuación se describen algunas de las actividades de mantenimiento del Relleno Sanitario y la periodicidad (Tabla 19):

Tabla 19. Actividades de mantenimiento en el Relleno Sanitario de Villa de Tezontepec

Actividad	Descripción	Periodicidad
Bandeo	Distribución y bandeo de RSU en la superficie.	Mensual
Taludes	Afinación y recorte de taludes	Mensual
Recubrimiento y compactación	Recubrimiento, escalamiento 500 kg de cal hidratada sobre la superficie de los residuos y compactado de los RSU acumulados de 1 mes.	Mensual

Maestría en Gestión Ambiental

Fumigación	Fumigación y control de plagas con producto químico (Desratización para controlar todo tipo de roedor y Desinsectización). Los productos son de uso urbano y cuentan con un registro sanitario.	Quincenal
Lixiviados	No se realiza la recirculación de los lixiviados por la cantidad que se obtiene y las condiciones del medio. Los que se lleguen a generar se evaporan y quedan los lodos remanentes en la fosa de lixiviados.	NA
Quema del biogas	Actualmente se realiza la quema del biogas para evitar que llegue a la atmósfera en forma de metano.	Cada tercer día

Fuente: H. Ayuntamiento de Villa de Tezontepec.

Costos de operación

Los costos de operación y mantenimiento del actual sitio de disposición final se encuentran descritos en la Tabla 20.

Tabla 20. Costo anual del manejo de RSU

Concepto	Monto (pesos MX)
Gasolina para camiones recolectores	\$359,000.00
Mantenimiento relleno sanitario	\$888,000.00
Plantilla manejo de residuos	\$687,610.000
TOTAL	\$1,934,910.00

Fuente: H. Ayuntamiento de Villa de Tezontepec.

El presupuesto anual asignado para Villa de Tezontepec en el 2021 fue de \$64,703,538.42 (PO, Ley de Ingresos para el Municipio de Villa de Tezontepec, 2022). El manejo de residuos representa aproximadamente el 2.99% del total del presupuesto.

3.8. Aspectos sociales

Conciencia y educación ambiental:

La conciencia ambiental es un elemento indispensable, que es necesario dar seguimiento y continuidad para ver los efectos a largo plazo.

El H. Ayuntamiento de Villa de Tezontepec tiene gran interés en promover y difundir la Educación ambiental, algunas de las actividades que se llevan a cabo por el departamento de Ecología son:

- Jornadas de limpieza (Anexo 2)
- Taller con material de reúso (Anexo 2)
- Taller de compostaje a instituciones escolares (Anexo 2)
- Campaña de recolección de residuos electrónicos, electrodomésticos
- Campaña de recolección de hojarasca y pasto seco
- Campaña de recolección de pilas

- Plática de “3 r’s”

Iniciativa privada

Hasta ahora no existe la intervención de la iniciativa privada, sin embargo se busca tener alianzas con la zona industrial para que participen en las jornadas de limpieza, donación de herramienta o contenedores.

Separación informal (recicladores)

Las personas recicladoras son aquellas que independientes u organizadas, o instituciones públicas o privadas, que recuperan, separan, acopian, gestionan y/o comercializan residuos sólidos urbanos o materiales susceptibles de ser reciclables y reutilizables (PO, Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo, 2024). En Villa de Tezontepec, se tiene el registro de al menos 5 personas involucradas en dicha actividad dentro del Relleno Sanitario, donde se realiza la separación selectiva de material reciclable, contribuyendo a la vida útil del sitio de disposición final.

Dentro del sistema, los recicladores son aliados ya que logran reincorporar a una vida útil los residuos y esto forma parte de la economía circular.

Comercializadores de residuos

Hasta ahora se cuenta con dos empresas de acopio de residuos en la región (Tabla 21), en una economía circular, la recuperación y valorización de los residuos permite reutilizar los materiales en la cadena de suministro, promoviendo así la desvinculación del crecimiento económico de las pérdidas medioambientales.

Tabla 21. Comercializadoras de la región

Recicladora	Información y contacto	Proceso
“Recicladora Mendoza”	Compra chatarra, PET y aluminio. Recorridos por automovil	En proceso de regulación
“Recicladora LADS”	Compra chatarra, lata chilera, aluminio, cobre, vidrio, archivo muerto, hdpe. Cel.: 5543671689 Lu-Sa (8:30 hrs – 17:30 hrs)	En proceso de regulación
KOV Innovations S.A. de C.V.	Calle 1, número 105, parque industrial PLATAH, Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo.	Regulada
Recuperaciones Industriales Internacionales, S.A. de C.V.	Manzana 2, lote 9 y 10, Fraccionamiento Industrial PLATAH, Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo.	Regulada

Fuente: H. Ayuntamiento de Villa de Tezontepec y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo.

3.9. Marco jurídico y legal

A continuación, en la Tabla 22 se presenta un análisis del marco jurídico y legal de los diferentes niveles de gobierno, en donde se identificaron los principales artículos de cada documento que están relacionados con la gestión de los RSU. Lo anterior fue con el objeto de fijar las bases jurídicas que deben tomarse en cuenta para el diseño de este Programa Municipal.

Tabla 22. Análisis del marco jurídico y legal relacionados con la gestión de RSU.

Instrumento y Artículo	Descripción
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Art. 115, fracción III. (DOF, 2024a)	<p>Enuncia los servicios públicos municipales que deben prestar los ayuntamientos, como son: agua potable, alcantarillado, alumbrado público, limpia, mercados, centrales de abasto, panteones, rastros, calles, parques, jardines, seguridad pública y tránsito.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los servicios de aseo urbano son responsabilidad de los Municipios.
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, Artículo 10. (DOF, 2023a)	<p>Establece las funciones y facultades de los municipios sobre la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.</p> <p>Establece facultades de los municipios para formular los Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.</p>
Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente, Artículo 8. (DOF, 2024b)	<p>Corresponde a los municipios la aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de efectos al ambiente ocasionados por el manejo de residuos sólidos industriales.</p>
Ley General de Cambio Climático, Artículo 9. (DOF, 2023b)	<ol style="list-style-type: none"> I. Formular, conducir y evaluar la política municipal en materia de cambio climático en concordancia con la política nacional y estatal; II. Formular e instrumentar políticas y acciones para enfrentar al cambio climático en congruencia con el Plan Nacional de Desarrollo, la Estrategia Nacional, el Programa, el Programa estatal en materia de cambio climático y con las leyes aplicables, en las siguientes materias: <ol style="list-style-type: none"> a) Prestación del servicio de agua potable y saneamiento; b) Ordenamiento ecológico local y desarrollo urbano c) Recursos naturales y protección al ambiente de su competencia; d) Protección civil; e) Manejo de residuos sólidos municipales; f) Transporte público de pasajeros eficiente y sustentable en su ámbito jurisdiccional;
Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos del Estado de Hidalgo, Artículo 6. (PO, 2024a)	<p>Corresponde a las Autoridades Municipales el ejercicio de las facultades, respecto al objeto de esta Ley previstas en la Ley Ambiental y en la Ley General, así como las siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. Fomentar la separación de residuos producidos en los domicilios de sus habitantes, así como promover el establecimiento de programas de minimización y gestión integral de los residuos producidos por los grandes generadores de su municipio:

Maestría en Gestión Ambiental

Instrumento y Artículo	Descripción
	<ul style="list-style-type: none"> a) Establecer un programa ambiental en coordinación con el Estado en que se dé difusión al perjuicio y deterioro que causan las bolsas y popotes de plástico, a fin de promover la conciencia ecológica o informar a la ciudadanía sobre las posibles alternativas de sustitución de estos; b) Vigilar el cumplimiento de las disposiciones de regulación del uso de plásticos de un solo uso descartables y sancionar en caso de incumplimiento, de acuerdo con lo establecido en la legislación correspondiente; e c) Implementar políticas públicas encaminadas a la reducción y posterior eliminación de materiales plásticos de un solo uso descartables, buscando alternativas que impulsen su sustitución definitiva por productos elaborados con materiales que sean biodegradables y reduzcan o eliminen el impacto ambiental por el uso de estos productos.
Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo, Artículo 10. (PO, 2024a)	La Secretaría, con la participación con la participación de las autoridades municipales competentes y de representantes de los distintos sectores, elaborará y desarrollará el Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de Hidalgo, en el cual se establecerán los objetivos, criterios, lineamientos, estrategias y metas que harán posible el logro de los objetivos de esta Ley y de las políticas en las materias que regula.
Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo, Artículo 8. (PO, 2024b).	<p>Corresponde a los Ayuntamientos el ejercicio de las atribuciones siguientes:</p> <p>...</p> <p>VIII. 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 urbanos;</p> <p>IX. La autorización y regulación del manejo y disposición final de los residuos sólidos urbanos, en concordancia con la normatividad ambiental federal, la presente Ley, la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo y su respectivo reglamento, las normas técnicas ecológicas estatales y demás disposiciones aplicables;</p> <p>...</p>
Ley de Mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático para el estado de Hidalgo, Artículo 10. (PO, 2023a).	<p>Corresponde a los municipios, las siguientes atribuciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> I. Formular, conducir y evaluar la política municipal en materia de mitigación y reducción del cambio climático en concordancia con la política nacional y estatal; II. Formular e instrumentar políticas y acciones para enfrentar al cambio climático en congruencia con el Plan Estatal de Desarrollo, la Estrategia, el Programa, creando por medio de sus Ayuntamientos el correspondiente Reglamento de

Maestría en Gestión Ambiental

Instrumento y Artículo	Descripción
	<p>acción Ecológica y mitigación de los efectos del cambio climático en relación transversal con las leyes aplicables, en las siguientes materias:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Prestación del servicio de agua potable y saneamiento; b) Ordenamiento ecológico local y desarrollo urbano; c) Recursos naturales y protección al ambiente de su competencia; d) Protección civil; e) Manejo de residuos sólidos urbanos;
<p>Ley Orgánica Municipal del Estado de Hidalgo, Artículo 56. (PO, 2024c).</p>	<p>Los Ayuntamientos, además de las establecidas en otros ordenamientos jurídicos, asumirán las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> I. Facultades y Obligaciones: <ul style="list-style-type: none"> ... I) Cuidar del mantenimiento y aseo de las calles, calzadas, avenidas, lugares públicos y de su relleno sanitario y promover la cultura de la limpieza y separación de residuos sólidos urbanos, de acuerdo al reglamento correspondiente; estableciendo la recolección selectiva en el municipio, incluyendo a los concesionarios que presten este servicio, diferenciando por días en orgánico e inorgánico la prestación del servicio de limpieza y recolección, conforme a los términos establecidos en la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo; I BIS) Llevar a cabo la operación y mantenimiento del sitio de disposición final hasta la clausura y saneamiento final del mismo, de conformidad con la legislación ambiental aplicable y promover la cultura de la separación de residuos desde la fuente, implementando mecanismos que permitan su adecuado traslado y disposición final, mediante Programas de Prevención y Minimización de la generación de residuos;
<p>Bando de Policía y Gobierno para el Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo, Artículo 21. (PO, 2022b).</p>	<p>Son obligaciones de los habitantes y vecinos del municipio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ... VI. Contribuir a la prevención, conservación y preservación del medio ambiente, bajo el esquema de economía circular y coadyuvar en la separación y manejo integral adecuado de los residuos sólidos urbanos que produzcan.
<p>Bando de Policía y Gobierno para el Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo, Artículo 54. (PO, 2022b).</p>	<p>Los servicios públicos municipales son todas aquellas actividades que se realizan de manera uniforme y continua por el gobierno municipal en términos de la Constitución general y la Constitución local para satisfacer</p>

Maestría en Gestión Ambiental

Instrumento y Artículo	Descripción
	<p>las necesidades poblacionales, en forma enunciativa y no limitativa son las siguientes:</p> <p>...</p> <p>II. Limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos;</p> <p>...</p>
Bando de Policía y Gobierno para el Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo, Artículo 87. (PO, 2022b).	El Ayuntamiento y la administración pública municipal tienen la obligación de fomentar el cuidado del medio ambiente, el uso racional de los recursos naturales, así como, el cuidado y mantenimiento del agua limpia; además deberán instrumentar acciones para sensibilizar a la población con información sobre la reducción, reutilización y reciclaje de residuos.
Reglamento Orgánico de la Administración pública municipal de Villa de Tezontepec, Hidalgo, Artículo 100. (PO, 2023b).	<p>La dependencia de Ecología Municipal, además de las atribuciones, facultades, competencia y obligaciones que les correspondan conforme a las reglas previstas en este Reglamento, tiene las siguientes:</p> <p>...</p> <p>IV. Aplicar las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control sobre los efectos del ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos que no estén considerados como peligrosos, de conformidad con lo dispuesto en las leyes federales, generales y estatales en materia de protección al ambiente;</p> <p>...</p>

Fuente: Elaboración propia con información de la regulación federal, estatal y local.

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Agenda 2030. ODS 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”

El ODS busca lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. En este objetivo se contempla la meta 11.6, la cual se propone reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades a través de la gestión adecuada de los residuos (Naciones Unidas, 2021).

ODS 12 “Producción y consumo responsables”

El ODS tiene como propósito garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. En este objetivo se incluye la meta 12.5, que contempla la gestión adecuada de los residuos sólidos a través de la disminución sustancial de la generación de estos, mediante actividades de prevención, reducción, reutilización y reciclaje (Naciones Unidas, 2021).

ODS 13 “Acción por el clima”

El ODS propone adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. En este objetivo se plantea la meta 13.2 que establece el que se incorporen medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales (Naciones Unidas, 2021). Esta meta sostiene una relación directa con la gestión adecuada de los

residuos, debido a que la descomposición de algunos residuos mal manejados produce gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático global (SEMARNAT, 2012).

Normas Mexicanas de referencia

- NMX-AA-022-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - selección y cuantificación de subproductos.
- NMX-AA-19-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - peso volumétrico "in situ".
- NMX-AA-61-1985, Protección al ambiente - contaminación de suelo - residuos sólidos municipales - determinación de la generación.
- NMX-AA-15-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - muestreo - método de cuarteo.

4. Planeación estratégica del manejo integral de los RSU

La Planeación Estratégica (PE) consiste en seleccionar objetivos y acciones técnica y económicamente factibles que garanticen beneficios a la sociedad y al ambiente natural, así como los recursos necesarios para la implementación del programa. Es una metodología robusta que ayuda de forma profesional a hacer más eficiente y efectiva la gestión integral de los RSU de un municipio al elaborar planes y programas de mediano y largo plazo (5 años y más) (Wehenpohl & Hernandez Barrios, 2006).

En la PE es importante motivar y comprometer a los representantes de la sociedad civil para que participen de forma activa en la gestión integral de los RSU, políticos locales, autoridades estatales y profesionales del área de residuos sólidos que permitan organizar, coordinar, procesar y presentar en un documento los trabajos de planeación que resulten.

Para mayor comprensión, generalmente se reconocen tres etapas:

1. ¿Dónde estamos?
2. ¿De dónde venimos?
3. ¿A dónde vamos a ir?

Estas preguntas ayudan a cuestionar desde varias perspectivas en el tiempo y a lo que se ha hecho, lo que se hace y deberá hacer en el futuro.

4.1. Estrategias básicas del Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (PMPGRSU)

Los elementos que se describen en los siguientes apartados han sido concebidos para un horizonte de planeación al año 2030, priorizando las acciones que se puedan llevar a cabo a corto plazo (3 años).

Para la formulación de las estrategias planteadas, se ha considerado la información contenida en el Estudio de generación y composición de RSU 2023, el Plan Municipal de Desarrollo 2020-2024, la información proporcionada en los talleres de sensibilización realizados por el Departamento de Ecología (Anexo 2) y la información que se obtuvo del Taller participativo (Anexo 4).



Figura 12. Taller de sensibilización organizado por el departamento de Ecología



Figura 13. Mesas de trabajo para elaboración de estrategias de gestión de residuos.

A continuación, se presenta la planeación del Manejo Integral de los RSU, la cual incluye:

- Sistema de generación
- Sistema de barrido
- Sistema de recolección
- Sistema de tratamiento
- Sistema de disposición final

Es importante considerar todos los puntos de vista y experiencia de las autoridades municipales responsables de los sistemas y las comunidades, quienes conocen la problemática a detalle.

Aunque la responsabilidad de la gestión de los RSU es del municipio, hay muchos actores involucrados:

- Los responsables políticos (Presidenta municipal, cabildo)
- Municipio y sus diferentes departamentos (especialmente los de Obras Públicas y de ecología)
- Sector privado (recolección, tratamiento, disposición final)
- Sector informal (recolección, pre-pepena y pepena)
- Sector educativo
- Organizaciones no gubernamentales
- Comunidad

4.2. Proyección de los parámetros de planeación (bases de diseño)

En el presente apartado se proyectarán las condiciones futuras a través de las tendencias de crecimiento poblacional, la evolución de las condiciones socio-económicas y el incremento de los niveles de cobertura del servicio deseado.

Proyección de la población

La Tabla 5 muestra la proyección de la población para el Municipio de Villa de Tezontepec, donde se contempla un escenario a 15 años.

4.3. Estrategias de Manejo Integral

El siguiente apartado se desarrolla tomando como base los principios de las “siete erres” y “economía circular”, en donde se aplique la responsabilidad compartida y diferenciada entre los diferentes sectores sociales y productivos, y entre los tres órdenes de gobierno.

La solución más evidente a la problemática originada por los RSU es disminuir al máximo su generación. Para este fin, es oportuna la aplicación de las “siete erres” (Cruz Aburto, 2022):

- Reducir: significa hacer un menor uso de recursos en general, e implica adquirir menos productos y, en consecuencia, desperdiciar menos; llevar menos peso y procurar hacer menos recorrido al transportarlos para ahorrar combustibles y reducir emisiones de carbono; requiere menos energía para la fabricación y almacenaje, así como usar menos productos no degradables, como las bolsas de plástico y envolturas no orgánicas, lo que se traduce en menor toxicidad para la salud y menor impacto ambiental.
- Reutilizar: representa dar nueva vida a las cosas que ya no nos sirven en vez de tirarlas a la basura: envoltorios, botellas, bolsas y cajas de distintos materiales que pueden tener un segundo o más usos.
- Reciclar: es crear un nuevo objeto a partir de otro usado, con el fin de reinsertarlo en la cadena de recursos mediante un sistema fácil y sólido de recuperación.
- Recuperar: que aplica, entre otros, para los equipos electrónicos desechados de los cuales pueden rescatarse diversos componentes, como los metales, cables o incluso sustancias diversas, con lo cual se evita dispersarlos en el medio ambiente y alterarlo.
- Repensar: invita a reflexionar en nuestro estilo de vida, cuáles son realmente nuestras necesidades básicas, y diferenciar las esenciales de las prescindibles.

- Reestructurar: atañe a modificar el sistema económico para que, en lugar de producir bienes superfluos, se concentre en la satisfacción de las necesidades de todas las personas, y que incluya los costos sociales y ambientales en el precio final de los bienes de consumo.
- Redistribuir: lleva a procurar que todos disfrutemos del derecho a proporciones equitativas de los recursos, toda vez que el planeta tiene la capacidad de satisfacer a todos los seres humanos en su conjunto.

La continuidad de estas acciones promueve el aprovechamiento de los recursos y reducir significativamente nuestro impacto ambiental en el planeta. Se tomarán las “siete erres” mencionadas y las bases de la “Economía circular” para el desarrollo de las estrategias para la gestión integral de los RSU en el municipio de Villa de Tezontepec. Donde derivado de los resultados obtenidos, las autoridades municipales planean llevar a cabo cambios procurando que el crecimiento de las necesidades del manejo integral de RSU sea cubierto satisfactoriamente por la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial.

4.3.1. Sistema de generación

Las medidas que evitan la generación de los residuos sólidos contribuyen mucho más al alivio de la contaminación ambiental, debido al ahorro de materia prima y energía, que las medidas de reaprovechamiento de los residuos sólidos. Por eso, es más conveniente la prevención y reducción de la generación de los residuos sólidos que su reaprovechamiento (Wehenpohl & Hernandez Barrios, 2006).

Algunos de los programas para reducir la generación de residuos en los días de plaza son:

- “Sin bolsa, por favor”
- Promover entre el turismo el uso de contenedores reusables para las bebidas y alimentos.

La separación en fracciones: orgánica e inorgánica reduce bastante la mezcla y contaminación de materiales, lo que en consecuencia aumenta su calidad y valor, permitiendo ampliar el mercado para la venta de los materiales reciclables y de la composta. La separación de residuos orgánicos tiene sentido si hay posterior compostaje y si el producto tiene mercado (Wehenpohl & Hernandez Barrios, 2006).

Clasificación de los residuos desde la fuente se sugiere que se realice de la siguiente manera:

- Residuos reciclables: periódicos, cartón corrugado, papel blanco, vidrio transparente, vidrio de color, electrónicos y textiles.

- Residuos no recuperables: película de plástico, pañales desechables, residuos finos, algodón, hueso, hule, cerámica, materiales de construcción, toallas femeninas, papel sanitarios.
- Residuos orgánicos: residuos de alimentos, residuos de jardinería.

Tabla 23. Estrategias del Sistema de Generación de RSU

Alternativa	Estrategia	
Reducir la generación de RSU	A1	Elaborar el Reglamento de Ecología, donde se establezcan las condiciones mínimas que deberá cumplir la población en general y los comercios para reducir la generación de RSU.
	A2	Invitar a la comunidad a participar en el programa "Sin bolsa, por favor" y a usar contenedores reusables para bebidas y alimentos. La difusión será por redes sociales.
	A3	Incluir dentro del "Programa de capacitación anual" talleres en escuelas primarias, escuelas secundarias, comercios fijos y semifijos, empresas y en presidencia con contenidos relacionados a los beneficios ambientales del consumo responsable para no generar residuos y para realizar la separación de origen de los RSU en tres fracciones y para que participen en las campañas de recolección de pilas, residuos electrónicos y neumáticos.

4.3.2. Sistema de barrido

Esta estrategia considera el mantenimiento y mejora continua del servicio de limpia a fin de mantener las vialidades y espacios libres de residuos, garantizando un ambiente más limpio y agradable para todos los residentes y visitantes.

Tabla 24. Estrategias del Sistema de barrido.

Alternativa	Estrategia	
Mantenimiento y mejora continua del servicio de limpia	B1	Incluir en el Reglamento de Ecología que el barrido de las calles es responsabilidad directa de la población. Incluir sanciones administrativas o multas.
	B2	Incluir el mantenimiento de las herramientas de limpia del personal a cargo de la actividad.
	B3	Realizar un estudio de las rutas de barrido, y a partir de la información obtenida, buscar la optimización del servicio.
	B4	Realizar un estudio de los requerimientos de personal y materiales para optimizar el sistema de barrido.
	B5	Incluir dentro del Programa de capacitación anual, la concientización a la población para que coloque los residuos conforme a las necesidades establecidas por el municipio (orgánicos / inorgánicos / inorgánicos valorizables) para colaborar con la limpieza del municipio.

4.3.3. Sistema de recolección

La recolección generalmente representa uno de los mayores impactos económico en la gestión de los RSU. Las estrategias que se sugieren se presentan en la Tabla 25.

Tabla 25. Estrategias del Sistema de recolección.

Alternativa	Estrategia	
Mejorar el sistema de recolección	C1	Incluir dentro del Reglamento de Ecología las actividades del Sistema de recolección.
	C2	Mejorar la infraestructura de almacenamiento temporal (contenedores) de los RSU de forma eficiente a espacios, plazas y parques públicos, por medio de contenedores señalizados (orgánico/inorgánico/reciclable).
	C3	Incluir el mantenimiento de los contenedores que permita que siempre estén disponibles y correctamente identificados.
	C4	Solicitar donativo de contenedores a las empresas que se encuentran en el Parque Industrial, e incorporar los contenedores con su logotipo y razón social.
	C5	Mantener las unidades en buen estado para su correcto funcionamiento, por medio de mantenimiento preventivo de la flota vehicular del servicio de recolección, para prevenir tiempos muertos debido a la falta de funcionamiento de los mismos.
	C6	Implementar la recolección selectiva en dos fracciones: orgánica e inorgánica. La recolección separada puede ser realizada con el mismo equipo actualmente, recolectando dos días a la semana los residuos orgánicos, para llevarlos al área de compostaje.
	C7	Desarrollar campañas permanentes de recolección de residuos electrónicos, pilas, neumáticos, Tetrapak, libros, libretas, aceite vegetal y medicamentos caducos, para evitar que lleguen al relleno sanitario.
	C8	Incluir dentro del Programa de capacitación los temas de Economía circular, reducción, reciclaje y reutilización de residuos que se generan.

El artículo 18 de la LGPGIR establece que los RSU podrán subclasificarse en orgánicos e inorgánicos con objeto de facilitar su separación primaria y secundaria, posibilitando así su óptimo aprovechamiento. Con este fundamento, el municipio de Villa de Tezontepec, promueve la separación de los RSU de acuerdo a la siguiente clasificación:

- Orgánicos/biodegradables:** Los residuos de origen animal o vegetal susceptibles de ser biodegradados por la acción espontánea de microorganismos. Restos de comida o jardinería.
- Inorgánicos reciclables:** Todo residuos que no tenga características de residuos orgánico y que pueda ser susceptible a un proceso de valorización para su reutilización y reciclaje, tales como vidrio, papel, cartón, plásticos, laminados de materiales reciclables, aluminio y metales no peligrosos y demás no considerados como de manejo especial.
- Inorgánicos no reciclables:** todo desecho que ha perdido sus propiedades físicas y/o químicas y no puede ser reutilizado o transformado en materia prima para la fabricación de nuevos productos. Papel con grasa, chicles, bolígrafos, envolturas metálicas y desechables de unicelel.

4.3.4. Sistema de tratamiento

La separación de los residuos valorizables es de gran importancia al tener un mercado y así aumentar ingresos y reducir las cantidades de residuos sólidos que son enviados a disposición final (SEMARNAT, Programa de Gestión Integral de Residuos para la Ciudad de México, 2021). Para este apartado se proponen las siguientes estrategias:

Tabla 26. Estrategias del Sistema de tratamiento.

Alternativa	Estrategia	
Mejorar el sistema de tratamiento	D1	Promover dentro del Reglamento de Ecología el uso de “las siete erres” y “Economía circular”.
	D2	Crear un Centro de acopio inter-municipal para recibir residuos electrónicos, pilas, neumáticos, Tetrapak, libros, libretas, aceite vegetal y medicamentos caducos, para evitar que lleguen al relleno sanitario. Difundir la información por redes sociales.
	D3	Promover el uso de la Aplicación Ecolana, para facilitar el reciclaje a la comunidad y hacer del reciclaje una práctica habitual en la vida cotidiana.
	D4	Estar en constante comunicación con la SEMARNATH para detectar posibles convenios y campañas con recicladoras que se encuentren en la región.
	D5	Promover alianzas entre los criaderos de borrego para que reciban parte de la fracción orgánica que genera el municipio, evitando que llegue al relleno sanitario.
	D6	Elaborar un inventario de comercializadores y recicladores de la región.
	D7	Se sugiere contar con una Estación de descarga de residuos orgánicos, puede ser incluso con los criaderos de borregos de la región y una planta de aprovechamiento y de disposición final, que se derive de la implementación del programa de separación en el municipio, la recolección de la fracción orgánica, será enviada a la Estación de descarga de residuos orgánicos donde posteriormente se elaborará composta.
	D8	Promover convenios y financiamiento para establecer centros de acopio. Y promover vínculos con la industria recicladora para facilitar la conexión y asegurar una cadena de reciclaje eficiente.

Implementar estas estrategias no solo contribuirá a un manejo más eficiente y económico de los residuos sólidos urbanos, sino que también fomentará la sostenibilidad y el desarrollo económico a nivel municipal.

4.3.5. Sistema de disposición final

Debido a las condiciones en que se encuentra el sitio actual de disposición final, lo que se recomienda, es la mejora en el diseño para que cumpla con las especificaciones establecidas en la normatividad ambiental federal, estatal y municipal, acompañado de acciones paralelas que redunden en la mejoría del servicio a la ciudadanía.

Tabla 27. Estrategias del Sistema de disposición final.

Alternativa	Estrategia
-------------	------------

Mejorar el sistema de disposición final	E1	Incluir dentro del Reglamento de Ecología, los horarios de trabajo del Relleno Sanitario.
	E2	Mantener el Relleno sanitario en condiciones óptimas para su correcto funcionamiento y atender las irregularidades que se detectaron por parte de la autoridad competente.
	E3	Realizar estudios técnicos y gestiones para determinar la factibilidad de optimizar el relleno sanitario municipal, a fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes de Villa de Tezontepec, mitigando los efectos de la contaminación generada por los RSU a través de una correcta operación del sitio en apego a la NOM-083-SEMARNAT.
	E4	Impartir cursos de capacitación al personal operativo de los siguientes temas: Acciones de seguridad, trato con el público usuario, calidad en el servicio, "siete erres" y Manejo de residuos.
	E5	Promover el aprovechamiento de los RME para contribuir a la reducción de la cantidad de residuos que llegan al sitio de disposición final, así como fomentar la creación de infraestructura para el acopio y reciclaje de los RME.
	E6	Elaborar un mecanismo de seguimiento a los requerimientos federales, estatales, municipales y locales del Sitio de Disposición final.

4.4. Reaprovechamiento de los residuos sólidos

Es una decisión política del municipio donde se tiene implica consideraciones en la recolección con un enfoque de economía circular. Se necesita del aprendizaje y aplicación de conceptos como economía circular, reducción, reutilización y reciclaje, para lo cual se requiere de una fuerte participación de la comunidad, pero sin perder de vista la parte económica ligada a estos procesos.

4.4.1. Compostaje

En Villa de Tezontepec los residuos producidos por la preparación de los alimentos y el recorte del pasto o hierba se podrán utilizar para la elaboración de composta, misma que se aprovechará para las áreas verdes, fertilizar campos y abonar huertos urbanos.

Se sugiere una Estación de aprovechamiento de residuos orgánicos, considerando como opciones la instalación de un biodigestor, compostero o alimento para animales de granja.

4.4.2. Aprovechamiento de biogás

En el caso de Villa de Tezontepec y su alto porcentaje de generación de materia orgánica sin procesar, se plantea como estrategia la implementación de una planta piloto para aprovechamiento de biogás a mediano plazo, logrando procesar parte de los desechos orgánicos, transformándolos en energía que se pueda emplear para su utilización en estufas.

La captura del biogás proveniente del relleno sanitario o de los residuos provenientes de establos de borrego, y su posterior aprovechamiento para la generación de energía eléctrica

(de menor costo), muestran una alternativa que puede ser viable para aplicarse en el municipio, con un intrínseco beneficio social y ambiental, así como la oportunidad de convertir al Municipio de Villa de Tezontepec en un ejemplo ante otros municipios en el manejo integral de los RSU.

Tabla 28. Estrategias de reaprovechamiento de los residuos.

Alternativa	Estrategia	
Reaprovechamiento de los residuos	F1	Estudio de viabilidad de implementación de una planta piloto para aprovechamiento de biogás en el relleno sanitario.
	F2	Estudio de viabilidad para planta municipal del compostaje.
	F3	Estudio de viabilidad para la instalación de biodigestor comunitario para residuos de ganado.
	F4	Impartir cursos de capacitación al público en general para la Elaboración de composta desde el hogar.

4.5. Estrategias para Servicios Generales

El objetivo es complementar al proceso de barrido, recolección, transferencia y disposición final, con el apoyo necesario al área de servicios generales para que el departamento, cuente con la infraestructura adecuada para el desempeño de sus actividades, donde se sugiere la ampliación de la platilla del personal y acondicionar el área de trabajo.

Tabla 29. Estrategia de servicios generales

Alternativa	Estrategia	
Servicios generales	G1	Elaborar un programa de mantenimiento a las instalaciones de las áreas involucradas en el manejo de RSU
	G2	Evaluación del organigrama estructural de los departamentos involucrados en el manejo de RSU.

4.6. Estrategias de participación y desarrollo social

Para asegurar la efectividad del Programa y maximizar los beneficios de la colaboración con la industria recicladora, es fundamental implementar programas de capacitación, concientización, participación ciudadana y educación ambiental. Estos programas constituyen un pilar esencial, ya que fomentan el compromiso y la colaboración de la comunidad en el manejo adecuado de los residuos.

Tabla 30. Estrategia de participación y desarrollo social

Alternativa	Estrategia	
Participación y desarrollo social	H1	Acondicionar lugares estratégicos que funcionen como centros de acopio.
	H2	Llevar a cabo una campaña de sensibilización dirigida a habitantes, indicando los beneficios que la separación de los residuos podría representar para el cuidado ambiental.

4.7. Estrategias para la participación de la iniciativa privada

Actualmente en el municipio de Villa de Tezontepec no se cuenta con Plantas de Tratamiento de residuos, sin embargo, se encuentra ubicado en un punto estratégico, donde cerca de la región se encuentra industria que presta el servicio de reciclaje de Tetrapak, pet y cartón, con quienes se podría hacer alianza para reducir las cantidades de residuos valorizables que lleguen al relleno sanitario.

La colaboración con la iniciativa privada puede ser clave para mejorar el manejo integral de los residuos sólidos urbanos en Villa de Tezontepec. Es importante establecer acuerdos claros y beneficiosos para ambas partes, asegurando que se cumplan los estándares ambientales y regulaciones necesarias para un manejo responsable de los residuos.

Tabla 31. Estrategia de participación de la iniciativa privada.

Alternativa	Estrategia	
Participación de la iniciativa privada	I1	Generar directorio y establecer comunicación con empresas recicladoras de materiales cercanas a la región.
	I2	Generar directorio y establecer comunicación con instituciones educativas, Fundaciones y Semarnath para establecer convenios de cooperación.
	I3	Programa de incentivos a empresas que quisieran dedicarse al acopio y reciclaje de residuos.

4.8. Estrategias de fortalecimiento institucional

Fortalecer el aspecto institucional es crucial para asegurar una gestión efectiva de los servicios de limpia y manejo de residuos sólidos urbanos en Villa de Tezontepec. A continuación se presentan estrategias de importancia:

Tabla 32. Estrategia de fortalecimiento institucional.

Alternativa	Estrategia	
Asignación de recursos	J1	Definir claramente las responsabilidades de cada área de la administración municipal involucrada en el manejo de residuos sólidos urbanos.
Asignación de recursos	J2	Asegurar una adecuada asignación de recursos financieros, humanos y materiales para cada función específica, como la recolección, el tratamiento y la disposición final de los residuos.
Regulación y supervisión	J3	Establecer mecanismos claros de regulación y supervisión para garantizar el cumplimiento de normativas ambientales y operativas.

5. Evaluación de las alternativas

En este apartado, se considera evaluar las estrategias que conforman cada alternativa de solución, teniendo ya las bases técnicas, económicas, sociales y ambientales suficientes

Maestría en Gestión Ambiental

para visualizar en su conjunto las ventajas y desventajas de cada una de las acciones planteadas, dicho proceso se realizará sobre la marcha.

Los cronogramas que se generen, permitirán hacer el seguimiento adecuado de estrategias, así como una correcta evaluación del programa.

A continuación se presenta un programa de acciones a seguir (Tabla 33) para implementar el PMPGIRSU, incluyendo los tiempos, el cual permitirá hacer el seguimiento adecuado de estrategias.

Tabla 33. Calendarización del Plan de acción.

No.	Estrategia	Tiempo de implementación						
		24	25	26	27	28	29	30
Reducción de generación de RSU								
A1	Reglamento de Ecología							
A2	Programas "Sin bolsa, por favor" y a usar contenedores reusables para bebidas y alimentos.							
A3	"Programa de capacitación anual"							
Sistema de barrido manual								
B1	Incluir en el Reglamento de Ecología que el barrido de las calles es responsabilidad directa de la población. Incluir sanciones administrativas o multas.							
B2	Incluir el mantenimiento de las herramientas de limpia del personal a cargo de la actividad.							
B3	Realizar un estudio de las rutas de barrido, y a partir de la información obtenida, buscar la optimización del servicio.							
B4	Realizar un estudio de los requerimientos de personal y materiales para optimizar el sistema de barrido.							
B5	Programa de capacitación anual, incluyendo la concientización a la población para la clasificación de los residuos.							
Sistema de recolección								
C1	Incluir dentro del Reglamento de Ecología las actividades del Sistema de recolección.							
C2	Mejorar la infraestructura de almacenamiento temporal (contenedores) de los RSU de forma eficiente a espacios, plazas y parques públicos, por medio de contenedores señalizados (orgánico/inorgánico/reciclable).							
C3	Incluir el mantenimiento de los contenedores que permita que siempre estén disponibles y correctamente identificados.							
C4	Solicitar donativo de contenedores a las empresas que se encuentran en el Parque Industrial, e incorporar los contenedores con su logotipo y razón social.							
C5	Mantener las unidades en buen estado para su correcto funcionamiento.							
C6	Implementar la recolección selectiva en dos fracciones: orgánica e inorgánica.							
C7	Desarrollar campañas permanentes de recolección de residuos electrónicos, pilas, neumáticos, Tetrapak, libros, libretas, aceite vegetal y medicamentos caducos, para evitar que lleguen al relleno sanitario.							
C8	Incluir dentro del Programa de capacitación los temas de Economía circular, reducción, reciclaje y reutilización de residuos que se generan.							
Sistema de tratamiento								

Maestría en Gestión Ambiental

No.	Estrategia	Tiempo de implementación								
		24	25	26	27	28	29	30		
D1	Promover dentro del Reglamento de Ecología el uso de "las siete erres" y "Economía circular".									
D2	Crear un Centro de acopio inter-municipal para recibir residuos electrónicos, pilas, neumáticos, Tetrapak, libros, libretas, aceite vegetal y medicamentos caducos.									
D3	Promover el uso de la Aplicación Ecolana, para facilitar el reciclaje a la comunidad y hacer del reciclaje una práctica habitual en la vida cotidiana.									
D4	Estar en constante comunicación con la SEMARNARTH para detectar posibles convenios y campañas con recicladoras que se encuentren en la región.									
D5	Promover alianzas entre los criaderos de borrego para que reciban parte de la fracción orgánica que genera el municipio.									
D6	Elaborar un inventario de comercializadores y recicladores de la región.									
D7	Estación de descarga de residuos orgánicos.									
D8	Promover convenios y financiamiento para establecer centros de acopio. Y promover vínculos con la industria recicladora para facilitar la conexión y asegurar una cadena de reciclaje eficiente.									
Sistema de disposición final										
E1	Incluir dentro del Reglamento de Ecología, los horarios de trabajo del Relleno Sanitario.									
E2	Mantener el Relleno sanitario en condiciones óptimas para su correcto funcionamiento y atender las irregularidades que se detectaron por parte de la autoridad competente.									
E3	Realizar estudios técnicos y gestiones para determinar la factibilidad de optimizar el relleno sanitario municipal.									
E4	Impartir cursos de capacitación al personal operativo de los siguientes temas: Acciones de seguridad, trato con el público usuario, calidad en el servicio, "siete erres" y Manejo de residuos.									
E5	Promover el aprovechamiento de los RME para contribuir a la reducción de la cantidad de residuos que llegan al sitio de disposición final.									
E6	Elaborar un mecanismo de seguimiento a los requerimientos federales, estatales, municipales y locales del Sitio de Disposición final.									
Reaprovechamiento de los residuos										
F1	Estudio de viabilidad de implementación de una planta piloto para aprovechamiento de biogás en el relleno sanitario.									
F2	Estudio de viabilidad para planta municipal del compostaje.									
F3	Estudio de viabilidad para la instalación de biodigestor comunitario para residuos de ganado.									
F4	Impartir cursos de capacitación al público en general para la Elaboración de composta desde el hogar.									
Servicios generales										
G1	Elaborar un programa de mantenimiento a las instalaciones de las áreas involucradas en el manejo de RSU									
G2	Evaluación del organigrama estructural de los departamentos involucrados en el manejo de RSU									
Participación y desarrollo social										
H1	Acondicionar lugares estratégicos que funcionen como centros de acopio.									
H2	Llevar a cabo una campaña de sensibilización dirigida a habitantes, indicando los beneficios que la separación de los residuos podría representar para el cuidado ambiental.									
Participación de la iniciativa privada										
I1	Generar directorio y establecer comunicación con empresas recicladoras de materiales cercanas a la región.									

Maestría en Gestión Ambiental

No.	Estrategia	Tiempo de implementación						
		24	25	26	27	28	29	30
I2	Generar directorio y establecer comunicación con instituciones educativas, Fundaciones y Semarnath para establecer convenios de cooperación.	■	■					
I3	Programa de incentivos a empresas que quisieran dedicarse al acopio y reciclaje de residuos.	■	■	■	■	■		
Fortalecimiento institucional								
J1	Definir claramente las responsabilidades de cada área de la administración municipal involucrada en el manejo de residuos sólidos urbanos.	■	A	A	A	A	A	A
J2	Asegurar una adecuada asignación de recursos financieros, humanos y materiales para cada función específica, como la recolección, el tratamiento y la disposición final de los residuos.	■	■	■	■			
J3	Establecer mecanismos claros de regulación y supervisión para garantizar el cumplimiento de normativas ambientales y operativas.	■	■	■	■			

6. Monitoreo del PMPGRSU

Para garantizar una adecuada implementación y monitoreo del Programa Municipal de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (PMPGRSU), es fundamental establecer herramientas y criterios claros que permitan evaluar su efectividad a lo largo del tiempo.

A continuación se describen las herramientas y criterios que se tendrán para moitorear el Programa conforme transcurre el tiempo, para comparar la evolución de los sistemas.

Tabla 34. Indicadores para monitoreo del PMPGRSU

Sistema	Alternativa	Meta	Indicador
Generación RSU	Estrategias del Sistema de generación	Reducir la cantidad de residuos que lleguen al relleno sanitario.	kg residuos / año
Barrido manual	Mejora continua del servicio de limpia	Cumplir con el mantenimiento a las herramientas de limpia.	mtto. Planeado / mtto. realizado
Generación RSU, Barrido manual, recolección, tratamiento, disposición final	Mejora continua del servicio de limpia	Cumplir con las capacitaciones para la concientización a la población para que coloque los residuos conforme a las necesidades establecidas por el municipio para colaborar con la limpieza del municipio.	Capacitaciones programadas / Capacitaciones realizadas
Recolección	Mejorar el sistema de recolección	Mejorar la infraestructura de almacenamiento temporal (contenedores) de los RSU de forma eficiente a espacios, plazas y parques públicos, por medio de contenedores señalizados (orgánico/inorgánico).	No. De contenedores en señalizados / no. Total de contenedores
Recolección	Mejorar el sistema de recolección	Mantener las unidades de recolección en buen estado para su correcto funcionamiento.	Mtto. Planeado / mtto. realizado

Sistema	Alternativa	Meta	Indicador
Recolección	Mejorar el sistema de recolección	Desarrollar campañas permanentes de recolección de residuos electrónicos, pilas, neumáticos, Tetrapak, libros, libretas, aceite vegetal y medicamentos caducos.	Campañas realizadas / Campañas programadas
Tratamiento	Mejorar el sistema de tratamiento	Elaborar un inventario de comercializadores y recicladores de la región.	Inventario actualizado
Disposición final	Mejorar el sistema de disposición final	Mantener el Relleno sanitario en condiciones óptimas para su correcto funcionamiento y atender las irregularidades que se detectaron por parte de la autoridad competente.	Observaciones atendidas / observaciones detectadas
Disposición final	Mejorar el sistema de disposición final	Elaborar un mecanismo de seguimiento a los requerimientos federales, estatales, municipales y locales del Sitio de Disposición final.	Mecanismo de seguimiento
Iniciativa privada	Incluir la participación de la iniciativa privada	Generar directorio y establecer comunicación con empresas recicladoras de materiales cercanas a la región.	Directorio
Fortalecimiento institucional	Mejorar la percepción del manejo de los RSU	Realizar encuestas y consultas públicas para evaluar la percepción y satisfacción de la comunidad con respecto a los servicios.	Evaluación en encuestas

El monitoreo y la evaluación continua del PMPGIRSU no solo permitirán ajustar las estrategias conforme a los resultados obtenidos, sino que también asegurarán la transparencia y rendición de cuentas ante la comunidad y las autoridades. Este proceso facilitará la toma de decisiones informadas y la mejora continua en la gestión integral de residuos sólidos urbanos en el municipio.

6.1. Seguimiento del programa

El monitoreo y la captura de los indicadores de cumplimiento se deberán realizar de forma semestral o anual, según corresponda a cada acción. Esto permitirá conformar un informe que evaluará el grado de eficiencia de las estrategias y medidas planteadas en este programa.

Se sugiere la actualización del presente documento con el cambio de administración municipal.

Bibliografía

- Carreño Gil, G. G., Cipamocha Becerra, L. M., Machuca Rojas, L. Y., & Pirazan Cuervo, I. G. (2020). Evaluación de la calidad del aire del relleno sanitario de la vereda Pigua en la ciudad de Tunja (Boyacá). *Cuaderno Activa*, 11-20.
- Ceballos Perez, S. G., Brambila Paz, J. d., & Perez Cerecedo, V. (2022). *Residuos sólidos urbanos y economía circular en Pachuca*. México: Acta Universitaria 32, e3437.
- CONAPO. (2020). *Índices de marginación*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372>
- Cortinas de Nava, C. (1999). *Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos*. México: Instituto Nacional de Ecología .
- Cruz Aburto, E. (Agosto de 2022). Guía para elaborar e implementar planes e gestión integral de residuos sólidos urbanos en la Universidad Veracruzana. México. (INECC), I. N. (2021). *Atlas Nacional de Ecología y Cambio Climático*. México. (INEGI), I. N. (2020). *Panorama sociodemográfico de México*. México. (SEMARNAT), S. d. (2020). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. México.
- DOF. (09 de diciembre de 2022). Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial 2022-2024. México.
- DOF. (2023). Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos.
- DOF. (08 de 05 de 2023). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. *Título cuarto*. México.
- INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal*. Villa de Tezontepec, Hidalgo.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2011). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales*. Tabulados básicos.
- INEGI. (15 de noviembre de 2023). *Censo Nacional de Gobiernos y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2021*. Obtenido de https://inegi.org.mx/contenidos/programas/cngmd/2021/tabulados/cngmd2021_r_esid_solid.xlsx
- Naciones Unidas. (2021). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- PO. (31 de diciembre de 2022). Ley de Ingresos para el Municipio de Villa de Tezontepec . Pachuca de Soto, Hidalgo.
- PO. (2024). *Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo*. Estado de Hidalgo: Instituto de Estudios Legislativos.
- Sanchez Olguin, G. (2007). Tesis de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en los Municipios de Actopan, San Salvador y El Arenal del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Secretaría de Planeación, D. R. (2011). *Enciclopedia de los Municipios de Hidalgo*. Gobierno del Estado de Hidalgo.
- SE. (2020). *Secretaría de Economía*. Obtenido de Data México: [https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/villa-de-tezontepec#:~:text=La%20población%20total%20de%20Villa,14%20años%20\(1%20C167%20habitantes\)](https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/villa-de-tezontepec#:~:text=La%20población%20total%20de%20Villa,14%20años%20(1%20C167%20habitantes)).

SEMARNAT. (2012). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental.*

SEMARNAT. (2015). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México.* Ciudad de México.

SEMARNAT. (2021). Programa de Gestión Integral de Residuos para la Ciudad de México.

SIGEH. (2023). *Infografía Municipal Villa de Tezontepec.* Gobierno del Estado de Hidalgo.

Tezontepec, V. d. (2020). *Plan Municipal de Desarrollo 2020-2024.*

Wehenpohl, G., & Hernandez Barrios, C. P. (2006). Guía para la elaboración de Programas Municipales para la Prevención y Gestión INtegral de los Residuos Sólidos Urbanos. México: SEMARNAT.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2024a, 22 de marzo). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. México.

DOF (2023a, 8 de mayo). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México.

DOF (2024b, 24 de enero). Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente. México.

DOF (2023b, 15 de noviembre). Ley General de Cambio Climático. México.

DOF (2023c, 8 de mayo). Ley de Planeación. México.

Periódico Oficial (PO). (2024a, 17 de enero). Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos del Estado de Hidalgo. México.

PO (2024b, 19 de enero). Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo. México.

PO (2023a, 12 de junio). Ley de Mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático para el estado de Hidalgo. México.

PO (2024c, 19 de enero). Ley Orgánica Municipal del Estado de Hidalgo. México.

PO (2022a, 27 de junio). Ley de Planeación y Prospectiva del Estado de Hidalgo. México.

PO (2022b, 30 de diciembre). Bando de Policía y Gobierno para el Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo. México.

PO (2023b, 31 de julio). Reglamento Orgánico de la Administración pública municipal de Villa de Tezontepec. México.

DOF (1985a, 18 de marzo). NMX-AA-022-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - selección y cuantificación de subproductos. México.

SEMARNAT. (2012). *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. Indicadores clave y de desempeño ambiental.*

SEMARNAT. (2015). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México.* Ciudad de México.

SEMARNAT. (2021). Programa de Gestión Integral de Residuos para la Ciudad de México.

SIGEH. (2023). *Infografía Municipal Villa de Tezontepec.* Gobierno del Estado de Hidalgo.

Tezontepec, V. d. (2020). *Plan Municipal de Desarrollo 2020-2024.*

Wehenpohl, G., & Hernandez Barrios, C. P. (2006). Guía para la elaboración de Programas Municipales para la Prevención y Gestión INtegral de los Residuos Sólidos Urbanos. México: SEMARNAT.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2024a, 22 de marzo). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. México.

DOF (2023a, 8 de mayo). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. México.

DOF (2024b, 24 de enero). Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente. México.

DOF (2023b, 15 de noviembre). Ley General de Cambio Climático. México.

DOF (2023c, 8 de mayo). Ley de Planeación. México.

Periódico Oficial (PO). (2024a, 17 de enero). Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos del Estado de Hidalgo. México.

PO (2024b, 19 de enero). Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo. México.

PO (2023a, 12 de junio). Ley de Mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático para el estado de Hidalgo. México.

PO (2024c, 19 de enero). Ley Orgánica Municipal del Estado de Hidalgo. México.

PO (2022a, 27 de junio). Ley de Planeación y Prospectiva del Estado de Hidalgo. México.

PO (2022b, 30 de diciembre). Bando de Policía y Gobierno para el Municipio de Villa de Tezontepec, Hidalgo. México.

PO (2023b, 31 de julio). Reglamento Orgánico de la Administración pública municipal de Villa de Tezontepec. México.

DOF (1985a, 18 de marzo). NMX-AA-022-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - selección y cuantificación de subproductos. México.

DOF (1985b, 18 de marzo). NMX-AA-19-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - peso volumétrico "in situ". México.

DOF (1985c, 8 de agosto). NMX-AA-61-1985, Protección al ambiente - contaminación de suelo - residuos sólidos municipales - determinación de la generación. México.

DOF (1985d, 18 de marzo). NMX-AA-15-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - muestreo - método de cuarteo. México.

DOF (9 dic 2022) Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo especial 2022-2024

NMX-AA-022-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - selección y cuantificación de subproductos.

NMX-AA-19-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - peso volumétrico "in situ".

NMX-AA-61-1985, Protección al ambiente - contaminación de suelo - residuos sólidos municipales - determinación de la generación.

NMX-AA-15-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales - muestreo - método de cuarteo.

Índice de tablas

Tabla 1. Educación en Villa de Tezontepec	10
Tabla 2. Cobertura de servicios en el municipio	11
Tabla 3. Practicantes de religión en Villa de Tezontepec.	12
Tabla 4. Índice de marginación	14
Tabla 5. Proyección de población en Villa de Tezontepec	16
Tabla 6. Resultados de Generación de RS para el año 2023 en Villa de Tezontepec.	17
Tabla 7. Proyección de Generación de RSU de casa-habitación.	17
Tabla 8. Composición de los RSU.	19
Tabla 9. Funciones del personal involucrado en el Manejo de RSU.....	21
Tabla 10. Información referente a sueldos del personal de manejo integral de RSU.	22
Tabla 11. Recursos materiales en la recolección de RSU.	23
Tabla 12. Partida presupuestada del servicio de limpia y recolección de RSU.	24