



SEP

SES

TecNM

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA

**“EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA GESTIÓN
INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN MUNICIPIOS DEL
VALLE DE TOLUCA”**

TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA:

NANCY HOCHSTRASSER CASTILLO
NO. DE CONTROL: 1828D1297

DIRECTOR
DR. ISAÍAS DE LA ROSA GÓMEZ

CODIRECTORA
DRA. MARÍA DEL CONSUELO HERNÁNDEZ BERRIEL

METEPEC, ESTADO DE MÉXICO, JUNIO 2022

AGRADECIMIENTOS

- Al grupo de profesores del Instituto Tecnológico de Toluca ITT, en especial a mi asesor, el Dr. Isaías de la Rosa Gómez quien me compartió su conocimiento, su amor al cuidado del medio ambiente y su grupo de estudiantes del Programa Institucional Ambiental PAI para realizar actividades de capacitación masiva; así como a la Dra. María del Consuelo Hernández Berriel quien me brindo sus conocimientos sobre los Residuos Sólidos Urbanos RSU y el equipo necesario para llevar a cabo el trabajo de campo; así como mis asesores la Dra. María del Carmen Carreño de León y el Dr. José Luis García Rivas quienes me brindaron recomendaciones durante las evaluaciones.
- Al equipo de trabajo de profesores externos, en especial al Dr. Carlos Gabriel Borbón Morales del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo CIAD quien fue mi guía en el proceso de investigación documental, en diferentes revistas indexadas y de divulgación; así como el Dr. José Antonio Espinosa García del Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias quien tuvo la disposición de participar en la elaboración de dicha tesis.
- A los servidores públicos de limpia publica y medio ambiente de los municipios de Metepec, Mexicaltzingo y Orizaba quienes me permitieron hacer el estudio de campo dentro de su comunidad, los permisos y el equipo necesario para llevar a cabo el trabajo de campo.
- A los profesores y los alumnos del ITT; a los alumnos del Instituto Tecnológico de Orizaba Veracruz; a los estudiantes, los administrativos y padres de familia de diversas escuelas de Mexicaltzingo; a los becarios del Programa Construyendo México y voluntarios quienes me apoyaron en el proceso de capacitación a la ciudadanía en las campañas Hacia Cero Basura H0B.
- A CONACyT por la beca otorgada para realizar el doctorado. Así como a SEMARNAT-CONACYT por el financiamiento del Fondo Sectorial de Investigación Ambiental con el Proyecto 263315 “Ubicación de rellenos sanitarios intermunicipales futuros en el Estado de México y estados aledaños”.

Dedicatorias

- A mi madre Rosa Castillo Morales quien siempre será mi guía espiritual.
- A mi esposo Carlos Alberto Aceff Cordero quien siempre ha creído en mis capacidades para seguir adelante, pese las dificultades que se presenten.
- A mis hijos Carlitos y Luisito quienes serán mi motivante para siempre luchar en pro del medio ambiente y las generaciones futuras.
- A mí misma, por siempre creer en que nada es imposible, teniendo la convicción, perseverancia y energía para crear un mundo mejor.

RESUMEN

La insuficiente gestión integral de residuos sólidos urbanos RSU es una complicación que deteriora la salud pública, el medio ambiente y la economía. Los países en desarrollo tienen insuficientes unidades de gestión ya que los métodos de reciclaje son costosos, y demuestran poca sostenibilidad económica.

En esta investigación se consideró evaluar los impactos socioeconómicos y ambientales de la gestión de residuos sólidos en el Valle de Toluca. Se seleccionaron dos municipios tomando en cuenta el tamaño de la población. Metepec con 227,000 habitantes (mediano) y Mexicaltzingo con 12,700 habitantes (menor).

El proceso se desarrolló en tres fases. La primera fase fue obtener el diagnóstico del funcionamiento de limpia pública de los municipios de Metepec y Mexicaltzingo aplicando cédulas de entrevista a las autoridades encargadas del manejo del área ambiental, contemplando indicadores socioeconómicos, ambientales y de gobernanza, acompañados de un análisis FODA, de encuestas a la población y de aplicación de normas mexicanas para estudiar la composición y caracterización de los RSU; NMX-61-1985 Generación de residuos, NMX-15-1985 Composición de los residuos, NMX-19-1985 Peso Volumétrico de los residuos y NMX-22-1985 Caracterización de los residuos. La segunda fase fue la aplicación del modelo, para ello se llevó a cabo la capacitación a los residentes, la adaptación fija de sitios, la recolección diferenciada y la valorización de los residuos. La tercera fase fue el manejo de los datos. Para llevar a cabo su evaluación, se utilizó un modelo sustentable que contempla el Retorno Social de la Inversión (SROI) considerando el Programa de Limpia Pública de los municipios de Metepec y Mexicaltzingo, recopilando información de cada grupo de interés sobre sus inversiones actuales y futuras, así como de los cambios que están dispuestos hacer a fin de monetizarse, medir y comunicar el valor socioeconómico y ambiental que se puede crear entre el gobierno y los involucrados en la gestión de los residuos sólidos urbanos. En Metepec el retorno social de la inversión resultó en 1.27, mientras que en Mexicaltzingo resultó en 1.37. Lo cual implica que, el programa de limpia pública tanto en un municipio mediano como en uno chico tiene un efecto de valor social positivo.

Palabras Claves: gestión, diagnóstico, evaluación, aplicación, modelo, valorización

ABSTRACT

The scarce comprehensive waste management is a problem that affects public health, the environment, and the economy. Developing countries have few management units because recycling processes are relatively expensive and show little economic sustainability.

In this research, it was considered to evaluate the socioeconomic and environmental impacts of solid waste management in the Toluca Valley. Two municipalities were selected considering the size of the population. Metepec with 227,000 inhabitants (medium) and Mexicaltzingo with 12,700 inhabitants (minor).

The process was developed in three phases. The first was to obtain a diagnosis of the operation of public cleaning in the municipalities of Metepec and Mexicaltzingo, applying interview cards to the authorities responsible for the environment, considering socioeconomic, environmental and governance indicators, accompanied by a SWOT analysis, population surveys and application of Mexican standards to study the composition and characterization of MSW; NMX-61-1985 Generation of waste, NMX-15-1985 Composition of waste, NMX-19-1985 Volumetric weight of waste and NMX-22-1985 Characterization of waste. The second phase was the application of the model, for this, training was carried out for residents, fixed adaptation of sites, differentiated collection and the recovery of waste. The third phase was data management. To carry out its evaluation, a sustainable model that contemplates the Social Return on Investment (SROI) was used considering the Public Clean Program of the municipalities of Metepec and Mexicaltzingo, collecting information from each interest group on their current and future investments, as well as the changes they are willing to make in order to monetize, measure and communicate the socioeconomic and environmental value that can be created between the government and those involved in the management of urban solid waste.

In Metepec, the social return on investment was 1.27, while in Mexicaltzingo it was 1.37. This implies that the public cleaning program in both a medium-sized municipality and a small one has a positive social value effect.

Keywords: management, diagnosis, evaluation, application, model, valuation

ÍNDICE

RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
INTRODUCCIÓN	1
1 FUNDAMENTOS	1
1.1 Residuos sólidos urbanos (RSU)	1
1.1.1 Composición de RSU	1
1.1.1.1 Composición de RSU en México	1
1.1.2 Generación de RSU	1
1.1.2.1 Generación de RSU en México	2
1.1.3 Propiedades físicas de los RSU	3
1.2 Manejo de RSU en el mundo (aspectos técnicos del MIRSU)	4
1.2.1 Diagnostico General del manejo de los RSU en México	5
1.2.2 Barrido	6
1.2.3 Recolección	6
1.2.3.1 Recolección en México	7
1.2.4 Almacenamiento de RSU	8
1.2.5 Aprovechamiento de los RSU	9
1.2.6 Transferencia de RSU	9
1.2.6.1 Transferencia de RSU México	9
1.2.7 Tratamiento de RSU	10
1.2.7.1 Tratamiento en México	11
1.2.7.2 Compostaje	12
1.2.7.3 Tratamiento térmico	13
1.2.7.4 Pirolisis	13
1.2.7.5 Gasificación	13
1.2.7.6 Incineración	14
1.2.8 Disposición Final	14
1.2.8.1 Disposición Final en México	15
1.2.8.2 Costos de la recolección y de la disposición Final de residuos	16
1.3 Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en el mundo (aspectos transversales del GIRSU)	16
1.3.1 GIRSU en México	17
1.3.2 Marco Legal y Normativo	18
1.3.2.1 Marco Legal y Normativo en México	19

1.3.3	Educación y Capacitación	22
1.3.3.1	Las 4Rs y ciclo de vida	23
1.3.3.2	Reducción en el origen	23
1.3.3.3	Reutilización	23
1.3.3.4	Reciclaje	24
1.3.3.5	Recuperar y/o separar	24
1.3.4	Economía y sociedad	25
1.3.4.1	Economía y sociedad en México	27
1.3.5	Cambio Climático y energía	28
1.3.5.1	Cambio Climático y Energía México	28
1.3.6	Evaluación de la GIRSU	29
1.3.6.1	Indicadores de la GIRSU	30
1.3.6.2	Retorno Social de la Inversión (SROI)	31
1.4	Perfil del área de estudio (Estado de México, Valle de Toluca, Metepec y Mexicaltzingo)	33
1.4.1	Geográfica Estado de México	33
1.4.1.1	Ubicación Valle de Toluca	33
1.4.1.2	Ubicación Metepec	34
1.4.1.3	Ubicación Mexicaltzingo	34
1.4.2	Población Estado de México	35
1.4.2.1	Población Valle de Toluca	35
1.4.2.2	Población Metepec	36
1.4.2.3	Población Mexicaltzingo	36
1.4.3	Economía Estado de México	36
1.4.3.1	Economía, Metepec	36
1.4.3.2	Economía Mexicaltzingo	37
1.5	Manejo de RSU en el área de estudio (Estado de México, Valle de Toluca, Metepec y Mexicaltzingo) (aspectos técnicos)	37
1.5.1	Generación de RSU, Estado de México	38
1.5.1.1	Generación Valle de Toluca	38
1.5.1.2	Generación Metepec	39
1.5.1.3	Generación Mexicaltzingo	39
1.5.2	Composición RSU Estado de México	39
1.5.2.1	Composición de RSU Metepec	40
1.5.2.2	Composición de RSU Mexicaltzingo	41
1.5.3	Recolección RSU, Estado de México	41
1.5.3.1	Recolección RSU Metepec	42
1.5.3.2	Recolección de RSU Mexicaltzingo	42
1.5.4	Disposición Final, Estado de México	42
1.5.4.1	Disposición Final, Valle de Toluca	43
1.5.4.2	Disposición final, Metepec	43
1.5.4.3	Disposición final, Mexicaltzingo	44
1.6	Estrategias de Gestión de RSU, Estatales	44
1.6.1	Estrategias de Gestión de RSU, Metepec	44
1.6.2	Estrategias de Gestión de RSU, Mexicaltzingo	44
2	MÉTODO	45
2.1	Fase I. Diagnóstico de municipios	45
2.1.1	Aplicación de cédula de entrevista	46

2.1.2	Indicadores para evaluar sus condiciones de sustentabilidad en la parte de: gobernanza, economía, sociedad, y medio ambiente.	46
2.1.3	Análisis FODA	47
2.1.4	Aplicar Cuestionarios a la Población, cabecera y estratos	47
2.1.5	Generación per cápita, cuantificación y composición de RSU	48
2.2	Fase II Aplicación modelo	48
2.2.1	Elaboración y Gestión del modelo	49
2.2.2	Capacitación y adaptación	49
2.2.3	Recolección Diferenciada	49
2.2.4	Resultados de colecta y venta de residuos	50
2.3	Fase III Método SROI	50
2.3.1	Fase 1: Alcance y grupos de interés (<i>stakeholders</i>)	51
2.3.2	Fase 2: Mapeo de cambios (outcomes):	51
2.3.3	Fase 3: Medida de los cambios	51
2.3.4	Fase 4: Medida del impacto social	52
2.3.5	Fase 5: Cálculo del SROI	52
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
3.1	METEPEC	53
3.1.1	FASE 1. DIAGNÓSTICO METEPEC	53
3.1.1.1	Indicadores de Gobernanza	53
3.1.1.2	Indicadores Sociales	53
3.1.1.3	Indicadores Económicos	54
3.1.1.4	Indicadores de Medio Ambiente	55
3.1.1.5	Aspectos técnicos y de salud pública	56
3.1.1.6	Análisis FODA	56
3.1.1.7	Aplicación de cuestionarios a la población seleccionada	59
3.1.1.8	Análisis Global	59
3.1.1.9	Generación y composición de los RSU	60
3.1.2	FASE 2. APLICACIÓN DE MODELO EN METEPEC	65
3.1.2.1	Capacitación	65
3.1.2.2	3.1.2.2. Adaptación de cuartos de residuos	66
3.1.2.3	Resultados de colecta y venta de residuos	66
3.1.2.4	Proyecciones en los demás estratos	69
3.1.3	FASE 3. RETORNO SOCIAL DE LA INVERSIÓN (SROI-METEPEC)	70
3.1.3.1	Fase 1. Alcance y grupos de interés	70
3.1.3.2	Fase 2. Mapa de cambios	75
3.1.3.3	Fase 3: Medida de los cambios	77
3.1.4	Fase 4: Medida del impacto social	80
3.1.4.1	Ingresos	80
3.1.4.2	Costos	81
3.1.5	Fase 5. Cálculo del SROI	82
3.2	MEXICALTZINGO	84
3.2.1	FASE I. DIAGNÓSTICO MEXICALTZINGO	84
3.2.1.1	Indicadores de Gobernanza	84
3.2.1.2	Indicadores Sociales	84
3.2.1.3	Indicadores Económicos	85
3.2.1.4	Indicadores de Medio Ambiente	86

3.2.1.5	Aspectos técnicos y de salud pública	86
3.2.1.6	Análisis FODA	87
3.2.1.7	Aplicación de cuestionarios a la población seleccionada	89
3.2.1.8	Generación y composición de RSU	91
3.2.2	FASE II. Aplicación del Modelo cabecera municipal de Mexicaltzingo	93
3.2.2.1	Recolección diferenciada	94
3.2.2.2	Capacitación	94
3.2.2.3	Resultados de colecta y venta de residuos	96
3.2.3	FASE III. SROI MEXICALTZINGO	97
3.2.3.1	Alcance y grupos de interés	97
1.1.1.1	Fase Mapa de cambios (Enfoque de gobernanza)	101
3.2.3.2	Enfoque económico	101
3.2.3.3	Enfoque social	102
3.2.3.4	Enfoque medioambiental	103
3.2.4	FASE IV: Medida de los cambios	103
3.2.4.1	Medida del impacto social	106
3.2.4.2	Ingresos	107
3.2.4.3	Costos	108
3.2.5	FASE V. Cálculo del SROI	109
3.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	111
4	CONCLUSIONES	120
5	REFERENCIAS -	125
6	ANEXOS	133
	ANEXO A. Resultados Estancia en Orizaba Veracruz, México	133
	ANEXO B. CONSTANCIA DE RESULTADOS, LIMPIA PÚBLICA METEPEC	148
	ANEXO C. CONSTANCIA DE RESULTADOS, LIMPIA PÚBLICA MEXICALTZINGO	149
	ANEXO D. CONSTANCIA DE DIFUSIÓN DE INVESTIGACIÓN EN LIMPIA PÚBLICA EN ORIZABA VERACRUZ	150
	ANEXO E. CEDULA DE ENCUESTA PARA APLICACIÓN CASA- HABITACIÓN	151
	ANEXO F. GUÍA DE CAPACITACIÓN	153
	ANEXO G. TRÍPTICOS PARA CAPACITAR (FORESTA & CABECERA MEXICALTZINGO)	154
	ANEXO H. LOGO DEL PROGRAMA HACIA CERO BASURA	156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Alcance de la producción mundial per cápita y total de RSU por zonas para los años 2012 y 2025	2
Tabla 1.2 Tratamiento de residuos (SEMARNAT, 2012).....	11
Tabla 1.3 Ventajas aportadas por la tecnología de la incineración (Romero, 2009).....	14
Tabla 1.4 Zona metropolitana de Toluca: Población, tasa de crecimiento y densidad media urbana, 1990-2010	35
Tabla 1.5 Cantidad de residuos generados por municipio en el Valle de Toluca.....	38
Tabla 1.6 Composición de los subproductos por origen del municipio de Metepec	41
Tabla 1.7 Disposición final de RSU en el Estado de México	43
Tabla 3.1 Indicadores de Gobernanza en el MIRSU de Metepec	53
Tabla 3.2 Indicadores Sociales en el MIRSU de Metepec	54
Tabla 3.3 Indicadores Económicos en el MIRSU de Metepec.....	54
Tabla 3.4 Indicadores de Medio Ambiente en el MIRSU de Metepec	55
Tabla 3.5 Indicadores técnicos y de salud pública en el MIRSU de Metepec	56
Tabla 3.6 Análisis FODA del manejo de RSU en Metepec	57
Tabla 3.7 Opinión pública del municipio de Metepec.....	59
Tabla 3.8 Porcentaje del total de la población que coopera con una propina.....	59
Tabla 3.9 Porcentaje del total de la población que no separa los residuos.....	60
Tabla 3.10 Residuos recolectados de RSU en Metepec.	60
Tabla 3.11 Peso volumétrico y generación por estrato socioeconómico y cabecera.....	61
Tabla 3.12 Caracterización de RSU por estrato y Cabecera Metepec.....	63
Tabla 3.13 Los subproductos más destacados del estudio	64
Tabla 3.14 Propuesta de manejo de los 11 subproductos más representativos	64
Tabla 3.15 Recursos para la aplicación del modelo	65
Tabla 3.16 Residuos valorizables para caso modelo (\$/kg)	67
Tabla 3.17 Colecta y venta de residuos valorizables, mes de mayo 2019, Foresta.....	68
Tabla 3.18 Gastos preparativos y operativos.....	68
Tabla 3.19 Peso y venta de residuos valorizables totales.....	69
Tabla 3.20 Grupos de interés y cambios en el sistema para la gestión de RSU.....	70
Tabla 3.21 Valor del cambio para el GIRSU de Metepec	77
Tabla 3.22 Ingresos totales reducidos en PESOS.....	80
Tabla 3.23 Costos totales descontados en PESOS	81
Tabla 3.24 Cálculo del SROI a cinco años en PESOS	83
Tabla 3.25 Retorno Social de la Inversión en PESOS.....	83
Tabla 3.26 Tabla de indicadores de gobernanza.....	84
Tabla 3.27 Tabla indicadores sociales.....	84
Tabla 3.28 Tabla indicadores económicos	85
Tabla 3.29 Tabla de indicadores de medio ambiente	86
Tabla 3.30 Tabla de aspectos técnicos y de salud pública.....	87
Tabla 3.31 Análisis FODA del manejo de RSU en Mexicaltzingo	88
Tabla 3.32 Opinión pública del municipio de Mexicaltzingo	89
Tabla 3.33 Cuantía de residuos recolectados de RSU en Mexicaltzingo.	91
Tabla 3.34 Generación per cápita por colonia y peso volumétrico por día y.....	91

Tabla 3.35 Promedios de caracterización de RSU de la Cabecera Municipal de Mexicaltzingo	92
Tabla 3.36 Recursos para la aplicación del modelo	93
Tabla 3.37 Colecta y venta de residuos valorizables, mes de noviembre y diciembre 2019, Mexicaltzingo	96
Tabla 3.38 Grupos de interés y cambios en el sistema para la gestión de RSU	97
Tabla 3.39 Valor del cambio para el GIRSU de Mexicaltzingo.....	104
Tabla 3.40 Ingresos totales descontados en \$MX	107
Tabla 3.41 Costos totales descontados en \$, MX.....	108
Tabla 3.42 Cálculo del SROI a cinco años.....	109
Tabla 3.43 Retorno Social de Inversión \$ MX.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Flujo general de los RSU en México (Chávez, 2015).....	5
Figura 1.2 Diagrama general de GIRSU en el ámbito Internacional (Orta <i>et al.</i> , 2009).....	17
Figura 1.3 Marco Legal y normativo en materia de RSU (Ramos,2013).....	20
Figura 1.4 Gestión de residuo. (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012)	23
Figura 1.5 Dimensiones del GIRSU(Hoornweg & Bhada, 2012)	26
Figura 1.6 Mapa del Estado de México (México Real, 2017).....	33
Figura 1.7 Mapa Valle de Toluca (Gómez, 2018).....	34
Figura 1.8 Mapa Metepec (México Real, 2017).....	34
Figura 1.9 Composición promedio de los subproductos de los RSU en el Estado de México (SEMARNAT, 2015)	40
Figura 2.1 Metodología de investigación	45
Figura 2.2 Fase 1. Diagnóstico de municipios	45
Figura 2.3 Fase 2. Aplicación Modelo	49
Figura 2.4 Fase 3. Evaluación impacto GIRSU, SROI	50
Figura 2.5 Fases para la construcción del diseño y cálculo del SROI (Nicholls <i>et al.</i> , 2009)....	51
Figura 3.1 Porcentaje promedio de subproducto	61
Figura 3.2 Porcentaje promedio de subproductos	62
Figura 3.3 Capacitación alumnos del ITT	65
Figura 3.4 Capacitación en Foresta	65
Figura 3.5 Campaña de reciclaje en Foresta 27 de abril 2019.....	66
Figura 3.6 Adaptación cuartos de residuos.....	66
Figura 3.7 Residuos valorizables en Foresta, mayo 2019	67
Figura 3.8 Distribución de la inversión Total, GIRSU Metepec	74
Figura 3.9 Enfoque sustentable de cambio gobernanza	75
Figura 3.10 Enfoque sustentable de cambio económico	75
Figura 3.11 Enfoque sustentable de cambio social	76
Figura 3.12 Enfoque sustentable de cambio medio ambiental	76
Figura 3.13 Valor de los cambios.....	77
Figura 3.14 Valor del cambio para la GIRSU de Metepec.....	80

Figura 3.15 Grafica. Porcentaje promedio por subproductos de residuos en la cabecera municipal de Mexicaltzingo, casa habitación.....	92
Figura 3.16 Capacitación alumnos del ITT y autorización de padres de familia de alumnos de la Preparatoria NO.45 Mexicaltzingo.....	94
Figura 3.17 Capacitación en Mexicaltzingo.....	94
Figura 3.18 Evento de reciclaje.....	95
Figura 3.19 Limpieza de la ciudad.....	95
Figura 3.20 Educación ambiental.....	95
Figura 3.21 Comités de reciclaje.....	96
Figura 3.22 Porcentaje de residuos reciclables recolectados en la prueba.....	96
Figura 3.23 Distribución de la inversión Total, GIRSU Mexicaltzingo.....	100
Figura 3.24 Enfoque gobernanza.....	101
Figura 3.25 Enfoque económico.....	102
Figura 3.26 Enfoque social.....	102
Figura 3.27 Enfoque sustentable de cambio social.....	103
Figura 3.28 Valor de los cambios.....	104
Figura 3.29 El valor del cambio para la GIRSU de Mexicaltzingo.....	106

INTRODUCCIÓN

El *World Bank* (2018) menciona que la generación mundial de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), registra 2.01 mil millones de t/año, siendo que un 33% son tratados incorrectamente. De continuar con esta tendencia de crecimiento de la población, el número podría llegar a 3.4 billones de toneladas para el año 2050.

La insuficiente Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU), es una complicación que deteriora la salud, el ambiente y las economías de los países. Impactando en la extinción de recursos y en el cambio climático resultado del incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero. Un hecho que muestra la preocupación de la comunidad mundial es la inclusión de la gestión de residuos en los objetivos de desarrollo sostenible en la agenda 20/30 de la ONU (Pon y Rica, 2019).

Los países en vías de desarrollo muestran insuficientes componentes de gestión como: plantas de reciclaje, centros de transferencia y plantas de compostaje. Derivado a los altos costos de los procesos de reciclaje, lo que demuestra la poca sostenibilidad económica para poder implementar un modelo sustentable que se limita a los costos (McDougall *et al.*, 2001).

En México, se ha avanzado en la GIRSU; ya que se tiene un marco normativo a través de dos leyes: la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), y Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). En donde se estableció la reducción, separación y valorización de los residuos, con el objetivo de reducir el impacto en el medio ambiente y la salud humana. Sin embargo, en México prevalece una grave situación de desigualdad social, en lo que se refiere a GIRSU (SEMARNAT, 2019).

Sin embargo, la misma SEMARNAT (2019), señala que es necesario fortificar el marco normativo; reunir materiales económicos que incentiven la valorización integral de los recursos y los residuos reciclables; unir a los tres órdenes de gobierno para impulsar la gestión, capacitación e infraestructura; evaluar y monitorear el avance de los proyectos; comprometer al productor de los desechos de los productos; concientizar a la población; así como, validar los requerimientos normativos para la correcta disposición final de los RSU.

De acuerdo con la SEMARNAT (2020), en México se generan 120,128 t/día, donde el 46.4% de RSU son desperdicios orgánicos tales como desechos de alimentos y de jardinería, y una tercera parte (31.5%) son residuos reciclables tales como: plástico, vidrio, papel, cartón, textil y metal y un 22.0% son residuos no aprovechables. Se generan casi 1 kg/hab-día, siendo que un 0.7 son de origen domiciliario, y un 0.3 se originan fuera de los hogares. Detectando que el Estado de México genera más RSU, con 16,739 t/día (14% del total nacional) y la Ciudad de México (CDMX) con 9,552 t/día (8% del país).

El desafío es reducir la generación de residuos, lo que representa un reto para una correcta GRSU, lo que propiciará la reducción, reúso, reciclaje y recuperación de RSU. Para el *World Bank* (2018), el proceso debe comenzar con los análisis y diseños de estrategias, que permitan la correcta dirección de residuos.

La realización de este estudio permitirá actualizar la información del Manejo de los RSU de los municipios de Metepec y Mexicaltzingo, lo que propiciará una conexión técnico-práctica para poder valorizar los residuos orgánicos e inorgánicos de ambos municipios.

Como se sabe este problema es de los menos atendidos debido a su poca rentabilidad financiera, por lo que se utilizará un modelo que demuestre los beneficios económicos, sociales y ambientales, en donde se pueda generar un ambiente controlado en cada etapa de su manejo.

Con el fin de utilizar los residuos sólidos orgánicos (RSO) cuya fracción es aproximadamente el 50 % del total de los residuos sólidos urbanos, se sugerirán alternativas para su aprovechamiento, así como los residuos inorgánicos que se pueden separar y reciclar. Para ello son necesarias campañas de Educación Ambiental dirigidas a la población (sociedad y gobierno), para dar a conocer la problemática de contaminación ambiental y su impacto en la salud de la población y ecosistemas; así como los beneficios económicos y ambientales de la separación de RSU para el reciclaje y compostaje, en donde la población y el gobierno pueden tener participación.

El objetivo de este estudio fue: evaluar los impactos socioeconómicos y ambientales de la gestión de residuos sólidos en el Valle de Toluca, más específico en dos municipios; Metepec y Mexicaltzingo, con la finalidad de hacer diagnósticos, elaborar diseño de estrategias sustentables y hacer una guía para la aplicación del modelo optimizado para la GRSU en ambos municipios. El documento está compuesto en cuatro secciones: La primera se describe la revisión de literatura para fundamentar la gestión de residuos sólidos urbanos. La segunda se destina al método, el cual

esta seccionado en tres partes para ambos municipios, donde a) es el diagnostico de los municipios, b) es la aplicación del modelo y c) es la prospección del retorno social de la Inversión (SROI). En la tercera sección se presentan los resultados de gestión de RSU en otro municipio, caso Orizaba Veracruz ver anexo 1. En la cuarta sección, se especifican las conclusiones y recomendaciones.

Finalmente se pudo confirmar la hipótesis de investigación, que si “Es posible mejorar el GIRSU en municipios mediante la aplicación del modelo optimizado y que este sirva como ejemplo para la gestión intermunicipal y otros municipios de mayor tamaño”.

1 FUNDAMENTOS

1.1 Residuos sólidos urbanos (RSU)

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los residuos son aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contiene en recipientes o depósitos pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la misma ley (SEMARNAT, 2003).

1.1.1 Composición de RSU

La estructura de los residuos está afectada por varios componentes; tales como el desarrollo económico, la cultura, la geografía, las fuentes de energía y el clima. Se observa que una nación mientras más se urbaniza y las localidades se enriquecen, el consumo de residuos reciclables (tales como plásticos, papel y aluminio) aumenta, mientras que los residuos orgánicos disminuyen. Señalando que los países de medianos ingresos tienen un alto porcentaje de materia orgánica en el flujo de residuos urbanos, que representan más del 40% del total, mientras que los residuos reciclables aumentan dependiendo su desarrollo (Hoornweg & Bhada, 2012).

1.1.1.1 Composición de RSU en México

En el 2017 se generaron 46.42% de residuos orgánicos (Residuos de comida, jardín, etcétera); el 31.55% de residuos potencialmente aprovechables (9.62% desechos de papel y cartón, 12.39% plásticos, 4.73% vidrio y 1.86% metales); y el 22.25% restante se integraba de otros residuos (12,1%) y textiles (1,4%) (SEMARNAT, 2020).

1.1.2 Generación de RSU

La generación de Residuo Sólido Urbano (RSU) se incrementó a nivel mundial con la industrialización, debido al aumento de la demanda de materias primas para satisfacer el consumo de bienes y servicios de grandes poblaciones. El aumento en la generación de RSU empeorará el problema de su disposición final, debido a que la generación de toneladas diarias en los últimos años ha crecido considerablemente. Según los investigadores del banco mundial, para el 2025 se pronostica que la generación de RSU se duplique como resultado del aumento de

la generación per cápita de 1.2 a 1.4 kg/habitante en los próximos años, lo que representa un incremento de 1,300 millones t/a aumentará a 2,200 millones t/a para el 2025.

De acuerdo con el estudio de la Organización para la Cooperación y el desarrollo Económicos OCDE, se puede visualizar un panorama regional de la problemática, donde se puede resaltar que las regiones en vía de desarrollo tales; Asia oriental y el Pacífico, Latinoamérica y el Caribe, Medio Oriente y Asia del Sur, serán los principales productores de RSU. Podemos resaltar que el problema de la basura en el mundo es una cuestión más cultural y política que de carácter tecnológico y/o científico; un desequilibrio causado por la desmesura demográfica, las costumbres sociales y el nivel de ingresos que llevan al individuo a consumir y desechar (Avendaño, 2015). En la tabla 1.1 se muestran las proyecciones de la producción mundial per cápita por regiones del año 2012 al 2025.

Tabla 1.1 Alcance de la producción mundial per cápita y total de RSU por zonas para los años 2012 y 2025

Zonas	Producción Promedio (kg/hab/d)	Año 2012		Producción Promedio (kg/hab/d)	Año 2025	
		Población urbana (M hab)	Producción total (ton/d)		Población urbana (M hab)	Producción total (ton/d)
África	0,65	261	169,120	0,85	518	441,840
Asia oriental y el Pacífico	0,95	777	739,959	1,52	1230	1,865,380
Europa y Asia central	1,12	227	254,389	1,48	240	354,811
Latinoamérica y el Caribe	1,09	400	437,545	1,56	466	728,392
Medio Oriente y África del Norte	1,07	162	173,545	1,43	257	369,320
Países de la OCED	2,15	729	1,566,286	2,07	842	1,742,417
Asia del Sur	0,45	426	192,411	0,77	734	567,545
Total	1,19	2,982	3,532,255	1,42	4,287	6,069,705

OCDE, Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

1.1.2.1 Generación de RSU en México

Durante el año 2012, en México se generó 42,1 millones de toneladas de RSU anuales, lo que equivale a 0,99 kilogramos diarios per cápita, 15% más que en el año 2000. En los últimos años la generación de estos residuos se ha incrementado en más del 90% pasando de 21,9 millones de toneladas en 1992 a 41,1 millones de toneladas en el 2012 (SEMARNAT, 2015).

Sin embargo, encontramos diferencias reveladoras en la generación de RSU según el tamaño de la localidad. El mayor crecimiento en la generación de residuos se experimenta en las ciudades medias y en las zonas metropolitanas, localidades que han presentado esta tendencia desde el 2001. Este escenario registra lo señalado a niveles internacionales, sobre la relación que existe entre las grandes ciudades y una mayor producción de residuos sólidos en comparación con las ciudades pequeñas.

Por otra parte, en cuanto a la generación per cápita, los datos aprueban que dicho indicador fue en 2012 de 1 kg/ hab. /día en los municipios mayores a 100 mil habitantes, es decir, en estos espacios urbanos la generación por persona fue superior a la media nacional.

Esta propensión se venía presentando con delantera ya que los habitantes de los Estados más urbanizados de México como CDMX, Nuevo León, Estado de México y Baja California generan más de 1 kg/ hab. /día, a diferencia de los pobladores de Estados menos urbanizados como Oaxaca, Chiapas, Hidalgo, Zacatecas y Tlaxcala, quienes en promedio no superaron los 700 gramos diarios (SEMARNAT, 2015). El Estado de México genera 16,739 t/d de RSU, la Ciudad de México 9,552 t/d y Jalisco 7,961 t/d, lo que representa el 28.5% de los residuos generados del país (SEMARNAT, 2020),

1.1.3 Propiedades físicas de los RSU

Actividades técnicas como: la cuantificación y la caracterización de los residuos sólidos urbanos son una de las formulaciones vitales de su estrategia de manejo (McDougall, 2001). Estos aspectos deben considerarse para desarrollar y diseñar sistemas de gestión integrada de residuos sólidos. Las características físicas más importantes de los RSU incluyen:

- Generación de RSU en las casa habitación como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas (como los productos de consumo y sus envases, embalajes o empaques etc.) o los que provienen de cualquier otra actividad que se desarrolla dentro de los establecimientos o en la vía pública con características domiciliarias, y los resultantes de las vías y lugares públicos siempre que no sean considerados como residuos de otra índole (NMX-AA-61-1985) (SEMARNAT, 1985).
- Muestreo método de cuarteo, se realiza con la finalidad de homogenizar la muestra para posteriormente definir una muestra representativa el objetivo es determinar cuatro partes

iguales hasta definir una muestra aproximadamente de 50kg , NMX-AA-15-1985 (SEMARNAT, 1992).

- Selección y cuantificación de subproductos como lo establece las hojas de campo de la norma que se debe aplicar para esta determinación NMX-AA-22-1985 (SEMARNAT,1985).
- Peso volumétrico “in situ”, este peso nos permite hacer la determinación del valor en kg/hab/día con la finalidad de definir la dimensión de los contenedores más apropiados para el fraccionamiento o el colector de basura así mismo definir la dimensión del camión NMX-AA-19-1985 (SEMARNAT, 1985).

1.2 Manejo de RSU en el mundo (aspectos técnicos del MIRSU)

El manejo de los RSU involucra un proceso que empieza con la generación de los residuos, que comprende su almacenamiento, transporte y tratamiento, y termina con su disposición en un sitio controlado.

El manejo de residuos tiene una estrecha relación con la salud de la población, se han presentado tres situaciones principales; la primera referida a la transmisión de enfermedades bacterianas y parasitarias tanto por agentes patógenos transferidos por los residuos como por vectores que se alimentan y reproducen en los residuos; en segundo lugar el riesgo de lesiones e infecciones ocasionadas por los objetos punzo penetrantes que se encuentran en los residuos, esta condición pone en alto riesgo la salud de las personas que recuperan materiales en los vertederos; y en tercer lugar la contaminación ocasionada por la quema de residuos, la cual afecta el sistema respiratorio de los individuos (Contreras, 2017).

Otro de los entornos que afecta el manejo de los residuos es la relación con el ambiente, la afectación de los residuos sobre la tierra, el agua, el aire y la acumulación de residuos que inutiliza las tierras para otros usos; además presenta un riesgo para quienes viven cerca de los vertederos y acumulaciones de desechos, debido a los gases que se originan durante el proceso de descomposición; así mismo se contaminan las lagunas freáticas con nitratos y metales pesados que se filtran a través de los residuos; se contaminan las aguas de lluvia y las aguas superficiales; la acumulación indiscriminada de residuos puede convertir el agua no apta para consumo humano y el desarrollo de la vida acuática; la quema de residuos sólidos ocasiona deterioro del aire

conjuntamente con los gases tóxicos generados por la quema de materiales de plásticos, así como el metano emanado por la descomposición de los residuos (Contreras, 2017).

Siendo así cabe distinguir que el **Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU)**, son las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social (SEMARNAT, 2019).

1.2.1 Diagnostico General del manejo de los RSU en México

En muchos municipios mexicanos el manejo de RSU se reduce a la recolección y su disposición final. Las cifras indican que de los municipios en México que ofrecen estos servicios (92,87%), sólo el 6,02% otorga algún tipo de tratamiento a los RSU (INEGI, 2015) con lo que la noción de manejo integral de RSU queda severamente reducida. En la figura 1.1 se puede apreciar el flujo general de RSU en México.

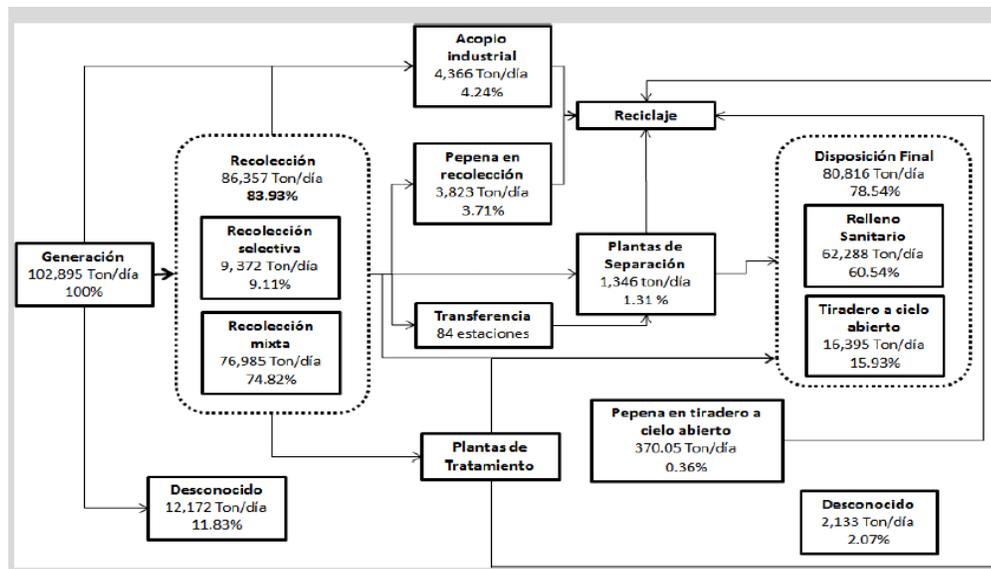


Figura 1.1 Flujo general de los RSU en México (Chávez, 2015).

Según la SEMARNAT (2015) el diagnostico general del manejo de los RSU en México es:

- Disposición Final: 1,645 sitios de disposición final y 238 rellenos sanitarios
- Aprovechamiento: escaso éxito en esquemas de separación de residuos y compostaje
- Reciclaje en México próximo al 11 % de la generación
- Monterrey, Cd. Juárez, Aguascalientes, Saltillo y Querétaro son los Estados que producen energía a partir del biogás
- Administración: Existen 18 organismos operadores de residuos. Además que 15 municipios cobran la recolección.

Es necesario reconocer que la propia naturaleza de los residuos en los países en desarrollo, la forma en que están distribuidos los asentamientos humanos, la configuración espacial y la localización de las escasas unidades de gestión (centros de transferencia, plantas de reciclaje, plantas de compostaje) vuelven económicamente insostenibles ciertas acciones como la separación de residuos en el origen, el reciclaje y el compostaje (McDougall, 2001). De modo que la implementación del modelo de sustentabilidad se limita a los costos.

1.2.2 Barrido

Este servicio esencial es parte del sistema de Servicio Público en un municipio. El barrido de calles y espacios públicos es una práctica frecuente. El barrido se efectúa de manera manual empleando la mano de obra de barrenderos, utilizando herramientas sencillas (escobas, recogedores, botes etc) y se coordina con las rutas de recolección, a fin de que los residuos no sean visibles en las calles y la prestación del servicio puede ser individual o por brigadas. Además que el barrido mecánico se emplea maquinaria (barredoras de diferentes tipos), pudiéndose combinar ambos métodos (Gunther & Hernandez,2006).

1.2.3 Recolección

Esta etapa es la parte principal de un sistema de limpieza urbana, teniendo el objetivo de preservar la salud pública, mediante la recolección de residuos en los centros de generación y transportarlos al sitio de tratamiento o disposición final en forma eficiente y al menor costo, ya que requiere una gran cantidad de recurso económicos. El porcentaje de RSU recolectado varía según el

ingreso nacional y por región. Los países de mayores ingresos tienden tener una mayor eficiencia de recolección, aunque menos del presupuesto de gestión de residuos sólidos va hacia colección (Hoornweg & Bhada, 2012).

En países de bajos ingresos, la etapa de colección de RSU constituyen la mayor parte del presupuesto del municipio (entre el 80 a 90%), aún las tasas de recolección pueden ser menores, lo que conlleva a una menor frecuencia de recolección y eficiencia. En países de altos ingresos, si bien los costos de recolección pueden representan menos del 10% del presupuesto de un municipio, las tasas de recolección suelen ser mayores al 90% en los métodos promedio y de recolección tienden a ser mecanizados, eficiente, mientras que el total de los presupuestos son mayores y proporcionalmente más bajos, a medida que aumentan otras partidas presupuestarias. El grado y la sofisticación de la recolección de residuos influyen en la colección general (Hoornweg & Bhada, 2012).

La planeación de la recolección de residuos requiere un continuo cambio entre los equipos de recolección y generadores (generalmente hogares). Por lo tanto, los generadores deben conocer los verdaderos, costos de colección, e idealmente se le cobrará por estos directamente (Pichtel, 2014).

1.2.3.1 Recolección en México

El 60.9% de los residuos sólidos generados provienen de fuentes domiciliarias y el sobrante 39.02% de las industrias. El 75% de las actividades se dividen por sectores operativos. Siendo que el 43% de las ciudades medias realizan un diseño por medio de un método técnico, el 26.67% de las ciudades disponen de rutas eficientes de recolección, sin embargo, el 73.33% son insuficientes. El número promedio de viajes que realiza un camión diariamente es de casi 3 y por cada vehículo recolector se emplea 1 chofer y 3 ayudantes, refleja que los municipios no cuentan con los suficientes recursos económicos, no disponen de una planeación para ampliar su cobertura adecuadamente y con menores costos, sobre todo en aquellos lugares periféricos con dificultades de acceso o en zonas de recién creación, esta situación trae por consecuencia que se concentren cantidades considerables de residuos sólidos en áreas como lotes baldíos, barrancos y colonias periféricas (SEMARNAT, 2015).

Según el tamaño de localidad, los mayores porcentajes de recolección se ubican en municipios con población mayor a los cien mil habitantes (85,95%) y los más bajos en aquellos menores a diez mil habitantes (23,43%) (SEMARNAT, 2015). Esta situación la enlazamos a las limitaciones de factibilidad como de sostenibilidad financiera del servicio de gestión de residuos. A diferencia con municipios con poblaciones mayores que requieren de empresas prestadoras de este servicio, al incrementar la cobertura de recolección. Por el contrario en los municipios pequeños la lejanía y la baja densidad poblacional incrementan los costos.

Esta posición permite concluir que los contrastes en la cobertura, afectan a poblaciones principalmente de escasos recursos, lo que propicia a una mayor vulnerabilidad de enfermedades y de desastres.

En México, el Estado de México es de la mayor recolección con 12,409 t/d, seguido de la ciudad de México con 10,049 ton/d, Guadalajara 7,457 ton/d, Veracruz 7,451 t/d (SEMARNAT, 2020). Sin embargo, solo en CDMX se realiza la recolección selectiva de eficiencia de separación es del 46%, donde la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU) representa 1,347 t/d de residuo orgánico y 123 t/d de residuos de poda y 2,500 t de La Fracción Inorgánica (FIRSU) ingresaron en la planta de separación, logrando una separación total de residuos de 3,874 t/d. Siendo que en el Estado de México se genera una cantidad mayor, solo se realiza la recolección selectiva de eficiencia de separación es del 1.71% donde se separan 227.64t/d de FORSU Y 59.20 t/d de FIRSU, seguido de Jalisco donde se realiza la recolección selectiva de eficiencia de separación es del 4.88% donde 172.98 t/d FORSU y 215.74 t/d de FIRSU (SEMARNAT, 2020). Esto refleja un área de oportunidad para poder desarrollar estrategias de gestión para poder separar residuos valorizables mediante incentivos- multas y poder desarrollar proyectos de tratamiento de RSU.

Dentro de la recolección existen otros procesos que en algunos lugares llevan a cabo, tal como se muestra a continuación.

1.2.4 Almacenamiento de RSU

Como resultado de que los residuos generados no se pueden eliminar de manera rápida, lo que requiere de un tiempo, un depósito y un lugar adecuado para almacenarlos mientras se espera a que sean trasladados o eliminados. Se define a esta etapa como depósito temporal de residuos en

un lugar físico en condiciones controladas que eviten o reduzcan los impactos al ambiente y de los riesgos a la salud humana derivados de los residuos almacenados (SEMARNAT, 2003).

1.2.5 Aprovechamiento de los RSU

En el país existen 1,060 Centros de Acopio de materiales reciclables en 21 entidades federativas, mientras que 11 Estados no reportan tener Centros de Acopio. Por lo que es importante evaluar las experiencias que se han tenido en cuanto a la instalación y operación de estos centros de acopio por parte de instancias gubernamentales, ya que son muy reducidos, a pesar de que se han entregado recursos del presupuesto federal para apoyar su instalación. En la evaluación debe considerarse que los centros de acopio gubernamentales que reciben los residuos reciclables compiten con los establecimientos mercantiles que se dedican a esta misma actividad y que compran dichos materiales, tanto al público en general como a los pepenadores (SEMARNAT, 2020).

1.2.6 Transferencia de RSU

Los camiones de recolección son apropiados, pero generalmente son poco eficientes para llevar los residuos por grandes distancias, debido a que están limitadas por diferentes razones. Por ejemplo, cuando el sitio de disposición se encuentre lejano de la ciudad de recolección, puede ser recomendable instalar una planta de transferencia y transportar los residuos en tráileres, esto dependerá del costo/ beneficio. La complejidad de una planta de transferencia depende de su localización, ya que, si están ubicadas en la mancha urbana, las zonas aledañas requieren medidas de protección especiales para minimizar ruido por la operación y paso de camiones, volatilidad de polvos, reducción de olores, entre otros (Martínez, 2016).

1.2.6.1 Transferencia de RSU México

El 75% de las actividades se dividen por sectores operativo. Siendo que el 43% de las ciudades medias realizan un diseño a través de un método técnico y el 26.67% tienen rutas eficientes de recolección. Sin embargo, el 73.33% son insuficientes. El número promedio de viajes que realiza un camión diariamente es de casi 3 y por cada vehículo recolector se emplea 1 chofer y 3 ayudantes, refleja que los municipios no cuentan con los suficientes recursos económicos, no disponen de una planeación para ampliar su cobertura adecuadamente y con menores costos,

sobre todo en aquellos lugares periféricos con dificultades de acceso o en zonas de recién creación, esta situación trae por consecuencia que se concentren cantidades considerables de residuos sólidos en áreas como lotes baldíos, barrancos y colonias periféricas (SEMARNAT, 2003).

Los mayores porcentajes de recolección se ubican en Municipios con población mayor a los cien mil habitantes (85,95%) y los menores en aquellos menores a diez mil habitantes (23,43%). Esta situación la vinculamos estrechamente con la existencia de limitaciones tanto en términos de factibilidad como de sostenibilidad financiera del servicio de gestión de residuos (SEMARNAT, 2020).

En México se cuenta con 127 estaciones de transferencia de residuos, situadas en 112 municipios de 23 entidades federativas. En 71 de ellas únicamente se transfieren los residuos de los vehículos recolectores a vehículos de mayor capacidad para transportar a los Sitios de Disposición Final o a otras estaciones, mientras que en 56 se realizan, además, otros procesos, como: la compactación de residuos (24 instalaciones), la selección de residuos reciclables (37) y otras actividades complementarias no especificadas (SEMARNAT, 2020).

1.2.7 Tratamiento de RSU

Los RSU antes de su eliminación final requieren la aplicación de un pretratamiento, con el fin de facilitar su posterior procesamiento. Este se define como el procedimiento mecánico, físico, químico, biológico o térmico, mediante el cual se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o su peligrosidad (Tchobanoglous *et al.*, 1993).

Las diversas técnicas de tratamiento de residuos sólidos ayudan a preservar el ambiente y reducir el uso de materia prima. En caso de que los residuos sean trasladados directamente al relleno sanitario sin tratamiento previo, los materiales re aprovechables como el vidrio, aluminio, metal, plástico, etc., se pierden en su totalidad, además, la disposición final de los residuos tiene un mayor impacto en el ambiente debido al volumen que representa, lo que incrementa el riesgo de contaminación. La decisión de introducir una o varias formas de tratamiento en el proceso de manejo de RSU tiene que ser tomada por los responsables municipales, pero se recomienda hacer un estudio sobre sus ventajas y desventajas, como parte integral en el sistema local de la gestión de residuos sólidos (SEMARNAT, 2015).

Existen diferentes tratamientos de acuerdo con el tipo de proceso que involucran o conforme a los propósitos del tratamiento como lo muestra la tabla 1.2 (Orta *et al.*, 2009).

Tabla 1.2 Tratamiento de residuos (SEMARNAT, 2012)

De acuerdo con el tipo de proceso que involucran	Conforme a los propósitos de tratamiento, recuperación de energía
PROCESOS FÍSICOS	RECUPERACIÓN DE MATERIALES
Separación (manual o mecanizada)	Separación manual o mecanizada)
Trituración	Vitrificación
Separación magnética	Composteo
Compactación	Pirolisis
PROCESOS QUÍMICOS	RECUPERACIÓN DE ENERGÍA
Hidrolisis	Digestión anaerobia
Oxidación	Incineración
Vitrificación	Pirolisis
Polimerización	
PROCESOS BIOLÓGICOS	TRATAMIENTO DE AGENTES INFECTOCONTAGIOSAS
Composteo	Incineración
Digestión anaerobia	Microondas
	Esterilización
PROCESOS TÉRMICOS	
Incineración, pirolisis, esterilización, microondas	

1.2.7.1 Tratamiento en México

El número de plantas disponibles es muy limitado: en el país existen 47 plantas, ubicadas en 43 municipios de 15 entidades federativas, mientras que en los 17 restantes no se reportan instalaciones de este tipo. En 44 de estas plantas se realizan procesos de tratamiento o de aprovechamiento para la Fracción Inorgánica de Residuo Solido Urbano FIRSU, categorizados de la siguiente manera: selección de residuos reciclables en 26, la trituración en 5 y la compactación en 13; siendo que en 24 instalaciones se realizan procesos de aprovechamiento de la Fracción Orgánica de Residuo Solido Urbano FORSU: de las cuales 19 realizan compostaje y 5 de ellas, biodigestión. Es evidente que la cantidad de plantas de tratamiento (47) no coincide con la suma de los procesos que se realizan en ellas, debido a que en algunas se realizan varios procesos en la misma instalación. Respecto a la cantidad de residuos que ingresan a las plantas de tratamiento, en promedio ingresaron 6,472 t/día a las plantas de selección de residuos reciclables, de las cuales 3,858 t/día corresponden a las plantas de selección de la Ciudad de

México (CNGMD, 2017); 1,392 a las plantas de Nuevo León, y 1,221 t/día a las plantas de selección ubicadas en el resto de las entidades federativas (SEMARNAT, 2020).

Se concluye que la existencia de pocas plantas de biodigestión a nivel nacional, es debido al alto costo de instalación y de mantenimiento de este tipo de tecnologías, aunado a las dificultades de procesar residuos orgánicos de origen domiciliario debido a la heterogeneidad de su composición. Además, la cantidad de instalaciones existentes en el país dedicadas al aprovechamiento de la FORSU y de la FIRSU es muy reducida e insuficiente para la cantidad y el tipo de residuos que se generan en México y que son susceptibles de ser aprovechados o valorizados (SEMARNAT, 2020).

Entre el año 2009–2018 se destinaron \$463'320,115.15 del presupuesto federal para 102 proyectos de esta índole, con el objetivo de impulsar el aprovechamiento de los residuos; 67 proyectos fueron por un monto de \$351'101,620.73 para aprovechamiento de residuos inorgánicos y 35 proyectos con un valor de \$ 112'218,494.42 para el aprovechamiento de residuos orgánicos. De estos proyectos, se incluyen 8 Centros de Acopio, 4 Plantas de Selección y 5 Plantas de Tratamiento de Residuos Orgánicos, para un total de 17 instalaciones o proyectos, por un monto de \$85,008,393.49 en los municipios de Chiapas, Colima, Estado de México, Jalisco, Oaxaca y Puebla, mismos que han sido identificados como existentes en los datos del CNGMD 2017. Los demás proyectos o instalaciones financiados con recursos del presupuesto federal no son mencionados en los resultados del censo, por lo que se desconoce su situación (SEMARNAT, 2020).

1.2.7.2 Compostaje

De acuerdo con Rodríguez 2006, la composta es el producto de la degradación aeróbica de residuos orgánico, el cual es un material inodoro, estable y parecido al humus que no figura riesgo sanitario para el medio ambiente natural y social. Este se produce bajo condiciones controladas. Este proceso requiere de oxígeno (aeróbico) y agua en cantidad suficiente para generar calor (proceso exotérmico), bióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua. Los organismos que intervienen en el proceso son un conjunto de bacterias, hongos y microfauna. Las cadenas alimenticias son complejas y dinámicas, siendo que la edad del proceso influye en su composición.

La composta ayuda al suelo porque favorece el desarrollo de sus funciones:

- Favorece la aireación y la retención de humedad.
- Mejora la estructura del suelo.
- Favorece el almacenamiento de nutrientes
- Suministra un medio con infinidad de microorganismos
- Favorece la absorción de los rayos solares

1.2.7.3 Tratamiento térmico

Las técnicas térmicas para el tratamiento de RSU comprenden la incineración, la gasificación y la pirolisis. El empleo de estas dos últimas tecnologías para el tratamiento de residuos es relativamente reciente puesto que anteriormente su empleo se limitaba a la industria petroquímica (Romero 2009).

1.2.7.4 Pirolisis

De acuerdo con Romero 2009, es un proceso que comprende la degradación térmica de los residuos en ausencia de agentes oxidantes. Este comprende temperaturas entre 400 – 800 °C. Este calor descompone moléculas complejas en otras más simples, teniendo como producto final una sustancia sólida carbonosa (char), líquido y gas. Las proporciones dependerán de la temperatura a la que sean expuestos, el tiempo de la exposición y la propia naturaleza de los residuos. El gas obtenido tiene un poder calorífico entre 15 y 20 MJ/Nm³ y se utiliza para la producción de energía, mediante dos alternativas: la combustión del gas y posteriormente el aprovechamiento de los gases para generar vapor y producir energía en una turbina para la producción de electricidad.

1.2.7.5 Gasificación

Es un proceso que reside en la conversión de materia sólida o líquida en gas mediante una oxidación parcial con aplicación de calor. La oxidación parcial se logra limitando e agente oxidante (aire). En el caso de que la materia a tratar sean residuos sólidos urbanos, compuestos en su mayoría por materia orgánica, el gas resultante del proceso de gasificación estará hecho de una mezcla de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno, metano, agua, nitrógeno y

pequeñas cantidades de hidrocarburos. Este gas tiene un reducido poder calorífico, del orden de 4 a 10 MJ/Nm³. Posteriormente, el gas puede ser usado para generar energía en calderas, motores o turbinas (Romero, 2009).

1.2.7.6 Incineración

Es el proceso exotérmico de oxidación de la materia a alta temperatura para convertirla en gas (vapor de agua y dióxido de carbono) y cenizas, además de calor. El comburente manejado es generalmente aire. Es el proceso térmico más extendido para el procesado de residuos sólidos urbanos, y existen muchas tecnologías para la incineración de residuos. Sin embargo, el problema de la incineración radica en la emisión a la atmósfera de agentes contaminantes presentes en los gases producidos durante el proceso de combustión (Romero, 2009).

En la tabla 1.3 se pueden observar las ventajas aportadas por la tecnología de incineración para el tratamiento de RSU se pueden analizar desde dos perspectivas:

Tabla 1.3 Ventajas aportadas por la tecnología de la incineración (Romero, 2009).

Medioambientales	Económicas
Reduce el volumen de los residuos (95%)	Reduce las necesidades de uso de combustibles fósiles.
Reduce la emisión de gases de efecto invernadero, ya que produce electricidad generando menos cantidad de CO ₂ que la combustión de carbón, petróleo o gas.	Permite la valorización energética de los RSU, lo que permite sea una fuente de energía alternativa.
Evita la emisión incontrolada de metano y otros gases procedentes de la descomposición de la fracción biodegradable de los vertidos de residuos.	

1.2.8 Disposición Final

Esta es la última etapa del manejo integral de los RSU y está relacionada con la preservación del medio ambiente y la salud de las personas, por lo que estos deben ser tratados y controlados mediante un sistema adecuado que minimice los impactos negativos. El vertido y el tratamiento térmico de los desechos son los métodos más comunes de la eliminación de RSU en países de altos ingresos. Aunque los datos cuantitativos no están disponibles, la mayoría de los países de

bajos y medianos ingresos los países eliminan sus residuos en vertederos a cielo abierto. Varios países de ingresos medianos tienen vertederos mal operados (Hoornweg & Bhada, 2012).

Hasta la década de 1960, la disposición final de los residuos no tenía control, su eliminación se llevaba a cabo en tiraderos a cielo abierto, mediante incineración o simplemente los desechos eran vertidos al agua. Esto afectó de manera considerable al medio ambiente. En América Latina, los residuos generados por un 54% de la población urbana son depositados en un relleno sanitario, y el resto de los desechos de los ciudadanos terminan en tiraderos a cielo abierto. Estas cifras reflejan el importante déficit de infraestructura y falta de control en la disposición final de los RSU (ONU, 2010).

1.2.8.1 Disposición Final en México

México comparte esta posición deficitaria, el 77% de los municipios cuentan con un sitio para la disposición final de sus RSU, de estos lugares 13% son rellenos sanitarios y el 87% restante corresponde a tiraderos a cielo abierto. Donde el total de residuos recolectados en 2011, el 65% tuvo como sitio de disposición final un relleno sanitario, el 22% quedó en tiraderos a cielo abierto, el 8% a rellenos de tierra controlados que cuentan con pocas condiciones de compactación y cobertura diaria. Al hacer un análisis más detallado se encuentra que los municipios con un intervalo de habitantes entre 20 y 30 mil son los que mayor porcentaje (67,36%) de RSU disponen en tiraderos a cielo abierto, mientras que el 95% de los RSU de los municipios con poblaciones mayores a los 100 mil habitantes son depositados en rellenos sanitarios y sitios controlados (INEGI, 2015).

De acuerdo con los datos reportados en el Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones CNGMD 2017, en los 2,203 Sitios de Disposición Final SDF se ingresan 86,352.7 t/día de residuos, dichos sitios están ubicados en 1,722 municipios, de todas las entidades federativas, a excepción de la Ciudad de México. Además, 736 municipios de 27 entidades federativas no tienen en su territorio SDF. Cabe mencionar que sólo se localizan 228 SDF, ubicados en municipios con población mayor a 100 mil habitantes, los cuales reciben, es decir, conjunto 51,884 t/día de residuos, el 60% de la totalidad de los residuos que se envían a disposición final en el país. En cada uno de estos sitios se ingresan en promedio 228 toneladas de residuos diariamente. El 72% de los residuos que se envían a sitios de disposición final tipo

A se ingresa en sitios que se ubican en municipios con población mayor a 100 mil habitantes. En cambio, el 58% de los residuos que se envían a sitios de disposición final tipo D se ingresa en sitios que se ubican en municipios con población menor a 10 mil habitantes (SEMARNAT, 2020).

1.2.8.2 Costos de la recolección y de la disposición Final de residuos

Los costos de la recolección de residuos que se reportan en el Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos PPGIR pertenecen a 167 municipios de 13 entidades federativas. El promedio de estos es de \$434.03- \$555.61 por tonelada recolectada. Estos costos corresponden a la operación del servicio de recolección: los sueldos del personal, el combustible y el mantenimiento de las unidades de recolección, donde no se incluye el costo del servicio de recolección, la depreciación de los vehículos, ni las provisiones para su sustitución, ni el arrendamiento de los predios, ni la depreciación de la maquinaria, equipos o instalaciones. Los costos reducidos de la disposición final de los residuos reflejan las deficientes condiciones de infraestructura y de operación de la disposición final de los residuos en el país (SEMARNAT, 2020).

1.3 Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en el mundo (aspectos transversales del GIRSU)

En la actualidad se plantea una exploración permanente de mecanismos, estrategias y tecnologías capaces de aminorar el problema. La construcción situación actual de los residuos y de su problemática, al ser introducida en la escena política, originó el levantamiento de una nueva generación de estrategias para gestionar los residuos. La más distinguida y divulgada es la denominada gestión integral de los residuos sólidos urbanos (GIRSU), un modelo que intenta implementar a nivel global como la vía económica, técnica, socialmente aceptable y sustentable para minimizar los impactos antiestéticos, a la salud y al ambiente provocados por los RSU. Más aún, la implementación del GIRSU representa una de las metas a conseguir en términos de política ambiental en el mundo (McDougall, 2001).

La gestión integral es algo más que lo llevado a cabo por los sistemas de limpieza de las ciudades ya que incorpora otros elementos: acciones normativas, operativas, financieras y de planificación

que una administración municipal puede desarrollar, basándose en criterios sanitarios, ambientales y económicos para recolectar, tratar y depositar los residuos sólidos de la ciudad (Hoorweg & Bhada-Tata, 2012).

En la figura 1.2 se muestra de manera general lo que engloba una adecuada GIRSU en el ámbito internacional, sin embargo, puede variar de región a región.

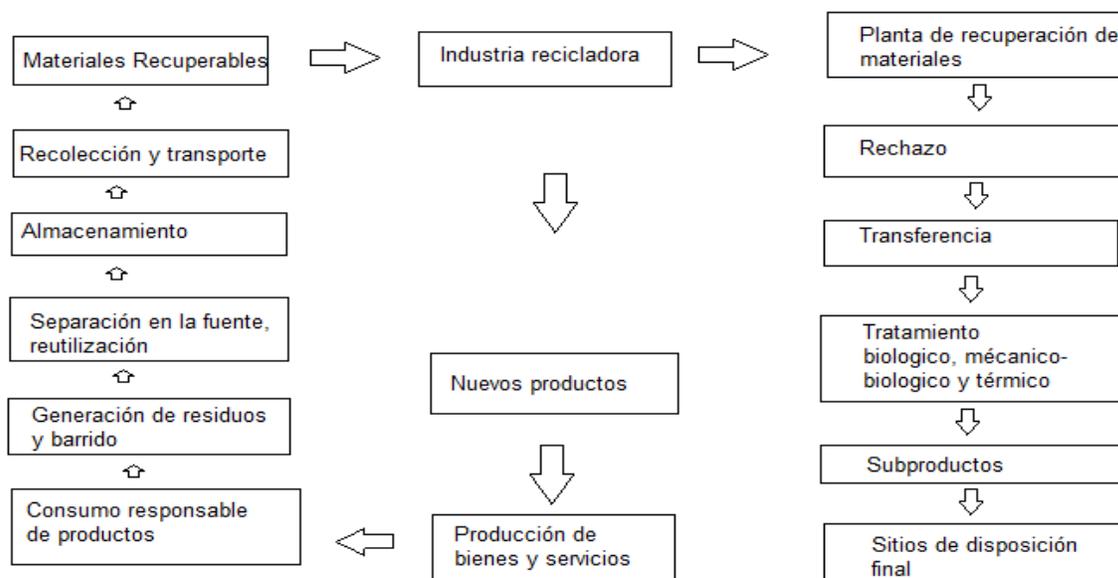


Figura 1.2 Diagrama general de GIRSU en el ámbito Internacional (Orta *et al.*, 2009)

1.3.1 GIRSU en México

De acuerdo con SEMARNAT (2020), las deficiencias de la gestión integral de los residuos contenida en la LGPGIR difícilmente se cumplen; lo que se tiene en la mayoría de los municipios es un sistema de manejo que se restringe a las actividades básicas de recolectar los residuos generados, trasladarlos y depositarlos en los sitios de disposición final. Una limitación sustancial del sistema de manejo de residuos que existe en el país es la escasez de información confiable que acceda la toma de decisiones apropiadas o la formulación de política públicas que permita tener en cuenta las áreas más urgentes e importantes con el manejo de los residuos en el país.

De acuerdo a la cobertura del servicio de recolección de residuos, los datos demuestran que en algunas localidades se tiene una cobertura del 100%, mientras que en localidades pequeñas la cobertura es muy reducida. Sin duda, la cobertura de recolección es una de las fortalezas del

sistema de manejo de los residuos, sin embargo, la recolección no está exime de problemas, tal como la obsolescencia del parque vehicular de recolección.

Asimismo, del escaso número de estaciones de transferencia y su ubicación en las localidades con mayor población es otra debilidad del sistema de manejo de los residuos, ya que los municipios con población reducida no cuentan con instalaciones que les permitan trasladar los residuos a distancias mayores y, por consecuencia, ubican sus sitios de disposición final cerca de las localidades, por lo que no se pueden instalar sitios de disposición final regionales o intermunicipales. A diferencia, una de las fortalezas del aprovechamiento de residuos lo constituye el reciclaje, ya que se registran cifras a la altura de los países desarrollados en materiales como el PET, aluminio, papel y cartón. Sin embargo, las elevadas cifras del reciclaje es el producto del trabajo de decenas de miles de personas y familias que recuperan los residuos reciclables en condiciones de trabajo muy precarias, tanto en los sitios de disposición final como en el entorno urbano, durante la recolección o en los contenedores en la vía pública (SEMARNAT, 2020).

Sin embargo, esta etapa es la principal debilidad del sistema de manejo, debido al escaso número de sitios que cumplen con la normatividad en la materia. Incorporado a esta problemática, la infraestructura y operación de los SDF ya que existe la proliferación de SDF pequeños, sobre todo en las entidades federativas cuyos municipios tienen escasa población y recursos limitados. Cabe distinguir que también existen experiencias positivas sobre SDF operados por organismos gubernamentales empresas privadas, como el SDF ubicado en Salinas Victoria Nuevo León, operado por el Sistema Integral para el Manejo Ecológico y Procesamiento de Desechos SIMEPRODE (SEMARNAT, 2020).

1.3.2 Marco Legal y Normativo

Las Instituciones gubernamentales y otras organizaciones, han integrado en sus políticas públicas procesos como inventarios de generación de residuos, la adecuada eliminación, reducción y reutilización de productos y embalajes; así como el uso de tecnologías y equipos que reduzcan la cantidad de residuos. En países en desarrollo, han incluido dentro de sus programas de gestión integral de residuos mayor atención a la prevención de la generación de residuos (Sáez & Urdaneta, 2014).

Muchos países latinoamericanos tienen la intención de cumplir con las metas propuestas en la Cumbre de la Tierra modificaron la legislación ambiental para seguidamente diseñar planes de gestión de residuos sólidos, tanto a nivel nacional como municipales adaptados a las necesidades de cada región o zona. Los gobiernos de países como México, Argentina y Venezuela han tenido dificultades para implementar las nuevas normativas, esto debido a que la gestión de residuos sólidos tiene como particularidad la falta de continuidad, ocasionada por los cambios en las administraciones municipales, impidiendo la profesionalización y sustentabilidad del sector. Aunado a esto la deficiencia presupuestaria de los organismos competentes de la gestión de residuos sólidos hacen que los esfuerzos realizados sean descoordinados e ineficientes (Flores, 2009).

Para lograr mejoras en el manejo de residuos sólidos, se requiere voluntad por parte de los gobernantes, fuertes inversiones y educación continua de la ciudadanía en el tema del aprovechamiento de los residuos (Sáez & Urdaneta, 2014).

1.3.2.1 Marco Legal y Normativo en México

La alteración al medio ambiente por parte de los seres humanos ha llevado en los últimos años a la creación de diversos instrumentos legales que permitan disminuir los impactos negativos que sus actividades provocan. El marco normativo asociado a la protección al medioambiente en México, desarrollado durante los últimos 20 años ha ido modificándose hasta la creación de reglamentos y normas específicas. Para el caso de los RSU se ha reformado la normatividad nacional con el objeto de incluir esta área del que hacer social como parte del marco del derecho y aunque falta mucho aun por desarrollar existen las bases mínimas necesarias para poder elaborar los instrumentos normativos y de política respectivos (Ramos,2013).

En la figura 1.3, representa el marco legal y normativo que se debe seguir para la formación de programas de gestión integral de residuos sólidos urbanos municipales.



Figura 1.3 Marco Legal y normativo en materia de RSU (Ramos,2013).

a) Leyes federales

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 115° menciona:

“**Artículo 115° III** los municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes:

- a) Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.
- b) Alumbrado público
- c) Limpia recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos”. DOF, Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (SEGOB, 1917)

Actualmente se dispone del **artículo 4 de DOF**, Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que hace referencia que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado avalará el respeto a este derecho. El deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos del dispuesto por la ley (SEGOB, 1917).

También, el **artículo 115. DOF, Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**, (SEGOB,1917) hace referencia al tema de residuos, sin embargo, solo reconoce la responsabilidad del gobierno local para prestar el servicio, más no implica acciones de prevención o minimización de los impactos de los residuos sobre el ambiente o la salud.

Para el caso de los municipios establece:

“**Artículo 10.-** Los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consiste en la recolección, traslado, tratamiento y su disposición final conforme a las siguientes facultades:”

I.- “formular por si o en coordinación con las entidades federativas y con la participación de representantes de los distintos sectores sociales, los Programas Municipales para la prevención y Gestión integral de los residuos sólidos urbanos, los cuales deberán observar lo dispuesto en el programa estatal para la prevención y gestión integral de los residuos correspondiente” (SEMARNAT, 2003).

De igual forma la LGPGIR establece:

“**Artículo 26.-** las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, deberán elaborar e instrumentar los programas locales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, de conformidad con esta Ley, con el diagnóstico básico para la gestión integral de residuos y demás disposiciones aplicables” (SEMARNAT, 2003).

La ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente. (LGEEPA), establece que corresponde a los municipios, la aplicación de las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos, así como es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes (SEMARNAT, 1988).

La Ley General de Salud, establece las disposiciones relacionadas con el servidor público de limpia en donde se promueve y apoya el saneamiento básico, se establecen normas y medidas tendientes a la protección de la salud humana para aumentar su calidad de vida (SEGOB, 1984).

La Ley General de Cambio Climático, tiene el objetivo de regular la generación de GEI y las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático Para apoyar en las responsabilidades que el gobierno federal, los estados y sus municipios tienen la Ley General del Cambio Climático LGCC y la facultad al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC para el desarrollo de esta actividad (SEMARNAT, 2012).

En cuanto al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos PGIRSU la LGCC contiene los artículos 7,8 y 9, que establece las diferentes atribuciones que tienen los tres niveles de gobierno como:

- Promover, convocar, formular, regular, dirigir e instrumentar labores de mitigación y adaptación al cambio climático de diversas fuentes emisoras; entre ellas residuos.
- Diseñar y promover convenios para el establecimiento, aplicación de instrumentos económicos, fiscales, financieros, de mercado y fondos locales para acciones de cambio climático.
- Elaborar, actualizar y publicar, en colaboración con el INECC, el inventario de emisiones de diversas fuentes emisoras como los residuos (SEMARNAT, 2012)..

b) Normas Oficiales en materia de los residuos sólidos urbanos

La Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, establece las especificaciones de selección del sitio, el diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial (SEMARNAT, 2004).

La Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002, establece las especificaciones de operación, así como los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes a la atmosfera para las instalaciones de incineración de residuos (SEMARNAT, 2004).

La Norma Oficial Mexicana NMX-AA-22-1985, establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los Residuos Sólidos Municipales (SEMARNAT, 1985).

1.3.3 Educación y Capacitación

La educación ambiental para el manejo de residuos involucra la realización de procesos y experiencias de aprendizaje que induzcan el cambio de conductas y actitudes en la sociedad hacia el manejo sustentable de los residuos, previniendo su generación, facilitando su aprovechamiento y reciclaje, así como la participación en la vigilancia de su tratamiento y disposición final ambientalmente adecuada. Por su parte la capacitación implica la realización de experiencias de enseñanza aprendizaje para la transmisión del conocimiento, resultando de actitudes, motivaciones e intereses, cuyo resultado se manifiesta en conductas proactivas y en el mejoramiento de la planeación y operación de proyectos concretos para mejorar la gestión

integral de los residuos en los trabajadores y directivos responsables de su ejecución (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012).

1.3.3.1 Las 4Rs y ciclo de vida

La GIRSU debe ser conducido por objetivos y se basa en la jerarquía de gestión de residuos: reducir, reutilizar, reciclar, a menudo añadiendo una cuarta 'R' para recuperación, como se muestra en la figura 1.4



Figura 1.4 Gestión de residuo. (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012)

1.3.3.2 Reducción en el origen

La reducción o minimización de los RSU se define como cualquier técnica, proceso o actividad que evite, elimine o reduzca un desecho desde su fuente u origen. La clasificación y la minimización de los RSU se hace cada vez más necesaria ya que el incremento poblacional y la urbanización acelerada en diferentes países han ocasionado un flujo de basura incontrolado en los municipios y provoca costos (Berent, 2004).

La reducción en el origen puede realizarse a través del diseño y fabricación del envasado de los productos llevándolos a un mínimo de materia prima y alargando su tiempo de vida. Otra de las formas es el consumo responsable, a través de la compra selectiva y la reutilización de productos y materiales (Berent, 2004).

1.3.3.3 Reutilización

Es el aprovechamiento al máximo los artículos, utilizándolos para diferentes fines antes de que estos sean desechados, pueden ser muebles, máquinas, botellas, cajas, ropa, libros etc. El reusó

de materiales es comúnmente utilizada para tratar los residuos dentro del origen (Orta *et al.*, 2009).

1.3.3.4 Reciclaje

Una vez separados los residuos sólidos urbanos, sigue el proceso de reciclaje, que implica una serie de procesos industriales que, partiendo de unos residuos originarios y sometidos a tratamientos físicos, químicos o biológicos dan como resultado la obtención de una serie de materiales que se introducen nuevamente en el proceso productivo (Orta *et al.*, 2009).

La heterogeneidad de los residuos es lo que hace que sean difíciles de tratar en conjunto. Además, la calidad de los productos reciclados está directamente relacionada con la calidad de la colecta y de la clasificación, evitándose así posibles contaminaciones. Todo ello justifica claramente la necesidad de separar los diferentes materiales que componen los residuos, lo que implica la instauración de políticas de recolección selectiva y de concientización a los generadores de residuos urbanos de la tarea que les compete para que sea posible. El reciclado es la opción de los residuos a los cuales no se ha podido llevar adelante políticas de reducción o reutilización. Si bien el reciclaje implica reducir los residuos enviados a disposición final, deben utilizarse procesos industriales que impliquen menos utilización energética y de insumos, que lo que implica la producción de esos bienes (Martínez, 2016).

Los beneficios obtenidos de esta práctica son mayores cuando los residuos se componen de materiales valorizables limpios y disponibles en cantidades comercializables. Como parte de una estrategia del manejo integral es recomendable se lleve de manera simultánea la recolección de los materiales reciclables de los residuos domésticos y comerciales. Esto puede hacerse teniendo metas combinadas para la recuperación de residuos comerciales y domiciliarios, tomando en cuenta que debe ser tanto ambiental como económicamente factible (Orta *et al.*, 2009).

1.3.3.5 Recuperar y/o separar

La separación de origen es un elemento decisivo para la valorización de muchos subproductos. Al mezclar los residuos en un solo recipiente algunos se contaminan con los otros y hacen que los procesos de reciclaje sean más costosos o ineficientes. La separación de origen beneficia el sistema económico, que, a su vez, es el medio para limitar los impactos al entorno natural. En

muchos casos los materiales separados desde el origen poseen un valor de mercado que puede ser aprovechado por el generador (Martínez, 2016).

La segregación temprana de residuos sólidos domiciliarios RSD es básica, ya que es la forma más efectiva de contribuir a que éstos se asemejen a los residuos industriales, lo cual se requiere que las autoridades establezcan la recolección separada de los residuos clasificados en por lo menos tres categorías el cumplimiento de los generadores al no mezclar y el compromiso de los servicios de recolección para canalizar lo reciclable a la infraestructura establecida para su tratamiento (Orta *et al.*, 2009).

En América Latina y El Caribe, la Organización Panamericana de la Salud señaló que apenas el 2,2% de los materiales aprovechables se recupera de los residuos sólidos, de los cuales el 1,9% corresponde a reciclaje de materiales inorgánicos y un 0,3% al reciclaje de productos orgánicos (restos de alimentos y de jardín). Generalmente las actividades de separación de residuos aprovechables para reutilización y reciclaje son realizadas en las distintas etapas funcionales del manejo de residuos por sectores informales a través de personas denominadas “segregadores”, quienes no cuentan con la preparación para desarrollar esta actividad sin exponerse a peligros (Rodríguez, 2005).

La realidad para América Latina y el Caribe es que la separación de residuos desde el origen se encuentra en estado incipiente, algunos países han regulado a través de leyes la implementación del sistema por parte de los generadores de residuos pero en la práctica no ha sido aplicado (Sáez & Urdaneta, 2014), ya sea por falta de disposición de los usuarios o generadores, o por deficientes políticas y estrategias de implementación por parte de los prestadores del servicio de aseo urbano o simplemente por la inexistencia de conciencia ecológica de ambas partes.

1.3.4 Economía y sociedad

La GIRSU se basa en cuatro principios: (1) equidad para todos los ciudadanos teniendo acceso a los sistemas de gestión de residuos por razones de salud pública, (2) efectividad de los residuos mediante sistemas de gestión para eliminar de forma segura los residuos, (3) eficiencia para maximizar los beneficios, minimizar los costos y optimizar el uso de los recursos y (4) sostenibilidad del sistemas desde un punto de vista técnico, ambiental, social (cultural), económico, financiero, institucional y perspectiva política (Van de Klundert & Anschutz, 2001).

Hay tres dimensiones interdependientes de la GIRSU, como se muestra en la figura 1.5, que necesitan abordar simultáneamente al diseñar un sistema de gestión de residuos sólidos: partes interesadas, elementos, y aspectos.



Figura 1.5 Dimensiones del GIRSU(Hoornweg & Bhada, 2012)

Hoy en día, se pueden encontrar estudios exitosos de casos sobre las prácticas de gestión de residuos en diferentes países: En Suecia (Finnveden *et al.*, 2007), en Japón (Sakai *et al.*, 1996) y (Tanaka, 1999), en los Países Bajos (Van Der Sloot, 1996), en Grecia (Andreadakis *et al.*, 2000), en Francia (Buclet *et al.*, 2000) en Inglaterra (Harder *et al.*, 2006) y en Alemania (Vehlow, 2004). Estos estudios analizaron los RSU en términos de gestión, legislación, producción, caracterización, tecnologías de tratamiento y la eliminación de desechos, por lo que se puede observar los factores claves de éxito en dichos países:

- La actitud de la sociedad sobre el medio ambiente;
- Aparición de la legislación sobre RSU;
- Nuevas políticas de gestión de RSU por autoridades nacionales, regionales y municipales;
- Incremento de número de actores que participan en el proceso de gestión (privadas y ciudadanos);
- Aumento de la cooperación regional entre las autoridades municipales;
- Nuevas tecnologías para el tratamiento de los residuos.

1.3.4.1 Economía y sociedad en México

Con la entrada en vigor de la Ley General para la prevención y Gestión Integral de los Residuos en el título segundo se establece las facultades y la distribución de competencia de los tres órdenes de gobierno, así como la coordinación entre las dependencias para dar cumplimiento a lo especificado. Además, cabe distinguir que los municipios tienen el sustento legal para actuar de manera autónoma y responsable en el manejo de los RSU generados por su población (SEMARNAT, 2003).

Actualmente en México solo 18 Estados (Aguascalientes, Baja California Norte y sur, Chiapas, Coahuila, Colima, Durango, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, Sonora, Yucatán y Ciudad de México cuentan con un Programa de GIRSU que se han establecidos en las diferentes entidades, a través de la limpia, la recolección, el traslado, el tratamiento y la disposición final de residuos (SEMARNAT, 2015).

Según Chávez (2015), los esquemas prioritarios que se han buscado son los siguientes:

- Modelos regionales o intermunicipales
- Conformación de organismos operadores de gestión integral de residuos
- Ideas innovadoras, tecnologías que fomenten aprovechamiento material y energético
- Fomento a cambios en la gestión de residuos (separación en fuente, creación de empresas, mercados de reciclaje, campañas de sensibilización)
- Participación de los sectores privado y social en soluciones integrales
- Sustentabilidad de la inversión en infraestructura de manejo de residuos (desarrollo económico)

Así como las expectativas de la gestión integral de residuos son las siguientes:

- Progreso del marco jurídico para asegurar el manejo integral de los residuos,
- Certeza jurídica a la inversión
- Consideración de RSU como fuentes de energía
- Creación / consolidación de sistemas regionales de gestión integral de residuos
- Separación básica de residuos en la fuente a nivel nacional
- Incremento de material para reciclaje proveniente de los residuos (al 20%)

- Aprovechamiento de biogás en 12 –15 rellenos
- Aprovechamiento de la fracción orgánica (biodigestores/generación de energía eléctrica); Cancún, Colima y Atlacomulco en proyecto
- Implementación de planes de manejo para RME (Chávez, 2015).

1.3.5 Cambio Climático y energía

Este es inducido por el aumento en la atmosfera de las concentraciones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico, constituye el problema ambiental más trascendente en el siglo XXI y uno de los mayores desafíos globales que enfrenta la humanidad (Hoornweg & Bhada, 2012).

La comunidad internacional ha realizado numerosos esfuerzos e iniciativas para hacer frente al riesgo que significa el cambio climático, entre los más importantes está el compromiso internacional para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero, acordado en la conferencia de las partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto (SEMARNAT, 2013).

1.3.5.1 Cambio Climático y Energía México

El gobierno Federal, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y recurso Naturales ha desarrollado una Estrategia Nacional de Cambio Climático 2007-2012, con la finalidad de destinar recursos para su implementación y para lograr una coordinación efectiva de acciones para el adecuado control, tratamiento y disposición final de los residuos, a fin de evitar o reducir las emisiones Gases Efecto Invernadero GEI originarias por los residuos (SEMARNAT, 2013).

El Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos ha desarrollado ciertas líneas de acción, a través de los siguientes indicadores:

- Empresas generadoras de residuos peligrosos que emiten GEI con procesos de producción más limpia
- Planes de manejo de residuo de manejo especial que generen GEI
- Sitios de disposición final regularizados o clausurados
- Proyectos de reducción o eliminación de emisiones de GEI de rellenos sanitarios
- Sistemas de tratamiento de residuos orgánicos provenientes de actividades pecuarias

1.3.6 Evaluación de la GIRSU

Un sistema avanzado de gestión de residuos será un reductor neto de las emisiones Gases Efecto Invernadero GEI. Un hecho que muestra la preocupación de la comunidad mundial es la inclusión de la gestión de residuos en los objetivos de desarrollo sostenible en la Agenda 2030 de la ONU (Pon, 2019).

Un reto alternativo a estas iniciativas, según Desmond (2006), es la medición de los rendimientos, los cuales se cuantifican, respecto al:

- Medio ambiente, con indicadores como: volúmenes de desechos, municipales generados, kilogramo por hogar por año, total de desechos municipales reciclados (t/año), envíos al relleno sanitario (RESA), emisiones evitadas de ser lanzadas al aire y al agua, debido a instalaciones de gestión de desechos y actividades de desechos no autorizados.
- Economía, involucrando costo de eliminación de desechos municipales por tonelada, costo neto de operación y mantenimiento de instalaciones de reciclaje.
- Sociedad, buscando indicadores sobre aceptación pública de planes y acciones de GIRSU, participación pública en la planificación e implementación.
- Administración, disponibilidad de recolección separada de reciclables secos, porcentaje de la población atendida por la recolección de reciclables desde la fuente, entre los más relevantes.

Así, los indicadores claves de rendimiento, que deben monitorearse son los costos de: recolección total, recolección por tonelada, transporte. Así como la percepción social, la participación social del porcentaje de la población que separa los RSU, el impacto ambiental de acuerdo con el porcentaje de residuos reciclados. Integrando así la gestión de costos, el servicio a los ciudadanos, la participación ciudadana y la evaluación el impacto ambiental (Sanjeevi & Shahabudeen, 2015).

Otros autores como Mohan *et al.* (2016), proponen un modelo rentable, bien diseñado y descentralizado a manera de asociación público-privada-personas para la gestión de RSU.

En México la misma SEMARNAT (2019), indica que aún se requiere fortalecer el marco normativo, incorporar instrumentos económicos que produzcan la valorización integral de los

recursos naturales y las materias primas reciclables; articular los tres órdenes de gobierno para fomentar la gestión, capacitación e infraestructura; evaluar y monitorear el desempeño de los proyectos; responsabilizar al productor de los desechos de los productos; sensibilizar y concientizar a la ciudadanía; así como, cumplir los requerimientos normativos para la disposición final de los RSU.

1.3.6.1 Indicadores de la GIRSU

Los Indicadores de desempeño son herramientas de medición utilizadas por las organizaciones para evaluar el éxito o el fracaso de una actividad determinada, las evaluaciones periódicas de los indicadores conducen a la identificación de las mejoras necesarias en el sistema, se miden en términos de decisiones de inversión niveles de aceptación pública, participación social y necesidades ambientales sobre el manejo de residuos, en especial a partir de la creación de la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca SEMARNAT en 1994, el primer paso formal y sistemático hacia el desarrollo de indicadores ambientales se realizó en 1993, como el Taller Norteamericano de Información Ambiental”.

En 1994 se elaboró el estudio: An Approach Towards Environmental Indicators for México (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). En 2005 se publicó el documento “Indicadores básicos del desempeño ambiental de México”.

En general todos los indicadores propuestos en México a excepción de los indicadores de GTZ corresponden solamente a generación total y per cápita, residuos dispuestos en rellenos sanitarios, reciclaje y tratamiento, inversión y gasto en manejo de residuos. Sin embargo, no se tienen indicadores para todas las etapas de manejo de los residuos, y la gestión integral tampoco es abordada de manera completa. Además, son indicadores individuales que sólo muestran una medición puntual y no son presentados como un sistema de indicadores para evaluar de manera integral el manejo y gestión de residuos.

La guía para la elaboración de Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos PMPGIRSU publicado por la Secretaría de Ecología del Gobierno del estado de México y la GTZ en el 2006 propone una serie de indicadores y menciona que su aplicación permite verificar la evolución de la prestación del servicio de forma sencilla, ya que fue elaborada para que cualquier municipio en México pudiera implementarlo, sin embargo, la

SEMARNAT no ha reportado cuantos PMPGIRSU han sido elaborados hasta la fecha, y tampoco se han reportado resultados del uso de estos indicadores (Gunther & Hernández, 2002).

Por ello es preciso identificar que indicadores pueden ser evaluados por los municipios que permitan tener un diagnóstico de cada una de sus etapas, sin ser generales como los presentados en las páginas oficiales mexicanas en materia de residuos, y tan demandantes como los propuestos por la GTZ dado que difícilmente la madurez de las municipalidades tendrá disponibles la cantidad de datos que se requieren para su cálculo.

Adicionalmente, la información que se tiene en fuentes oficiales en su mayoría proviene de estimaciones y no está reportada la calidad y confiabilidad de esta. La evaluación de calidad de los datos es un proceso importante para detectar áreas de mejora en la recolección de información base que posteriormente se utilizará para calcular indicadores sobre gestión de residuos. Si se utiliza información base de mala calidad, llevará a tomar decisiones incorrectas o sesgadas respecto a los sistemas de gestión de residuos (Olay, 2020). En la gestión de residuos, históricamente han existido deficiencias importantes en la calidad y cantidad de información, por lo que deben ir adoptándose diversas estrategias que ayuden a establecer mejores prácticas de la colecta, procesamiento y uso de información de la gestión de residuos (Turcott *et al.*, 2016)

1.3.6.2 Retorno Social de la Inversión (SROI)

Se requiere avanzar en la aplicación de metodologías incluyentes, donde confluyan la contabilidad de costos financieros y extra financieros, como los sociales y medioambientales. De ahí que los rendimientos e indicadores antes mencionados, bien pueden calcularse con el método SROI que permite integrar el ámbito económico, social y ambiental.

Con lo cual, este método, también va más allá de las herramientas de evaluación económica tradicionales, al considerar el valor producido para múltiples partes interesadas en las tres dimensiones del desarrollo: económico, social y ambiental (World Health Organization, 2017).

Un hecho que muestra lo inaplazable de la implementación de los GIRSU, lo manifiesta el informe sobre la economía del cambio climático, quien muestra que, si no se actúa con prontitud, para frenar este fenómeno pernicioso, se puede llegar a perder hasta 20% del PIB mundial anual (Caparrós, 2007).

En este sentido, prácticamente se justifica cualquier sacrificio de la generación actual por un incremento en el bienestar de las generaciones futuras, denominado como equidad intergeneracional. (Nordhaus, 2006; Dasgupta, 2006).

De acuerdo con la revisión sistemática realizada por Ali *et al.* (2019), las raíces de SROI como método de evaluación de la TC, se encuentran en el análisis tradicional de costo-beneficio, desarrollado en San Francisco por el Roberts Enterprise Development Fund (REDF), y luego utilizado en una versión modificada por varias empresas. Las pautas para la aplicación de SROI a las empresas sociales en el Reino Unido fueron desarrollados por la New Economic Foundation (Doherty *et al.*, 2014).

La función de SROI es determinar y evaluar el valor económico y social generado por una empresa, específicamente una empresa social sin fines de lucro, en una base racional y cuantificable (Wilson *et al.*, 2013).

El resultado final del enfoque es una ecuación que representa el valor generado en términos monetarios por cada unidad de dinero invertida en sus operaciones (Di Domenico *et al.*, 2010).

Ali *et al.* (2019), argumentan que el enfoque ayuda a las empresas sociales a desarrollar una idea del nivel de impacto generado por ellas y cómo maximizarlo.

De esta manera, las principales contribuciones responsables del desarrollo de SROI favorecen a una teoría positiva de contabilidad y de análisis costo-beneficio, útil para entender la creación de valor en una escala más amplia. Para decirlo de otra manera, SROI ayuda a las organizaciones a establecer cómo se generaría valor monetario para el logro de los objetivos de la organización (Doherty *et al.*, 2014).

En el plano técnico permite visualizar el conocimiento en la formulación de toma de decisiones para el apoyo a proyectos operativos sobre la GIRSU, que acceden a reembolsar a la sociedad beneficios sociales y ambientales (Nicholls *et al.*, 2012)

Retomando a Tuan (2008), las empresas no han contado con métodos para valorar en términos económicos su aportación a la sociedad. Esta circunstancia debilita su posición en el mercado, limita su vida útil, les impide acceder a licitaciones públicas o captar fondos de terceros, pues no pueden dar respuesta a la pregunta de: ¿cómo puede demostrarse o monetizarse el valor social y/o medioambiental que generan. Por lo que, el método SROI, permite medir la aportación social tanto del gobierno, ciudadanos, empresas a fin de mejorar la calidad de vida de la población y el

medio ambiente; incorporando unidades de gestión, indicadores y valores aproximados a fin de hacer económicamente sostenibles ciertas acciones.

1.4 Perfil del área de estudio (Estado de México, Valle de Toluca, Metepec y Mexicaltzingo)

1.4.1 Geográfica Estado de México

Se localiza en la parte central de la República Mexicana, entre los paralelos $18^{\circ} 21'57''$ y $20^{\circ}17'27''$ de latitud norte y los meridianos $98^{\circ}35'50''$ y $100^{\circ}36'45''$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Colinda al norte con Querétaro, al noreste con Hidalgo, al sur con Morelos y Ciudad de México, al suroeste con Guerrero, al este con Tlaxcala, al sureste con Puebla, y al oeste con Michoacán (ver figura 1.6). Tiene una superficie territorial de 22 357 km² que representa el 1.15% del territorio nacional (INEGI, 2015).



Figura 1.6 Mapa del Estado de México (México Real, 2017)

1.4.1.1 Ubicación Valle de Toluca

El valle de Toluca cuenta con los siguientes municipios; Almoloya de Juárez, Almoloya del Río, Atizapán, Calimaya, Capulhuac, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Tenango del Valle, Texcalyacac, Tianguistenco, Toluca, Xalatlaco, Xonacatlán, Zinacantepec. Durante más de veinte años, la zona sur de Toluca ha vivido un proceso acelerado de metropolización en torno a la ciudad de Toluca, que le da nombre al valle (CONAPO, 2010). En la figura 1.7 se muestran los municipios que comprenden la Región del Valle de Toluca

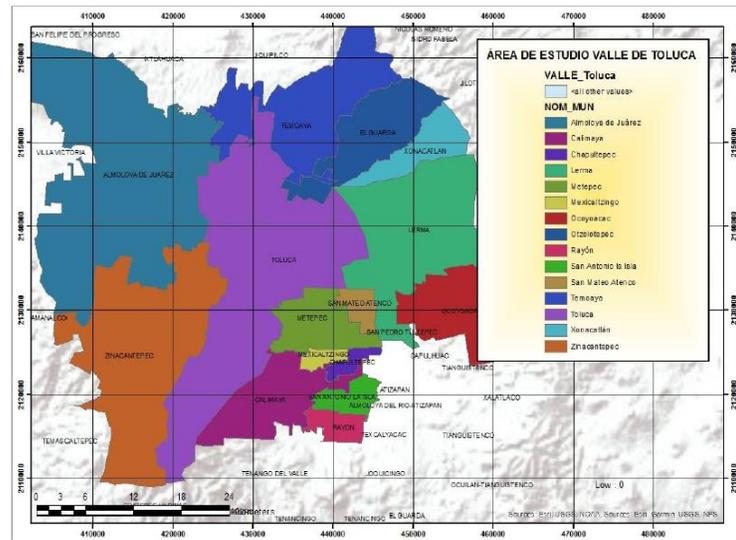


Figura 1.7 Mapa Valle de Toluca (Gómez, 2018)

1.4.1.2 Ubicación Metepec

Se sitúa en el Valle del Matlazinc, 55 km al suroeste de la Ciudad de México, y a 5 minutos de la Capital del Estado, que se ubica a 2610 msnm. El municipio de Metepec, limita con los municipios de: Calimaya, San Mateo Atenco, Lerma, Santiago Tianguistenco, Toluca, Mexicaltzingo y Chapultepec, ver figura 1.8.



Figura 1.8 Mapa Metepec (México Real, 2017)

1.4.1.3 Ubicación Mexicaltzingo

Colinda al norte con el municipio de Metepec; al este con los municipios de Metepec y Chapultepec; al sur con los municipios de Chapultepec y Calimaya; al oeste con los municipios de Calimaya y Metepec.

1.4.2 Población Estado de México

Con sus más de quince millones de habitantes, es la entidad mexicana con mayor número de habitantes de la república mexicana, de los cuales más de dos tercios se concentran en la Zona Metropolitana del Valle de México (INEGI, 2015).

Se estima que alrededor del 70% de la población de la entidad se agrupaba en 27 municipios de la franja de conurbación con el Distrito Federal; asimismo, cerca del 8.4% se ubicaba en cinco municipios del valle de Toluca-Lerma; y el 21.6%, se dispersaba en los 89 municipios. Estos datos muestran un fuerte proceso de concentración socioeconómica y de urbanización. En localidades mayores de 2,500 habitantes, es decir, consideradas de nivel urbano, vivía el 84% de la población (Gómez, 2018).

1.4.2.1 Población Valle de Toluca

La industrialización de la región ha manifestado dicho proceso a partir de la década de los cincuenta y el nuevo crecimiento del sector terciario en los años ochenta. La conformación de la metrópoli de Toluca ha estado acompañada por múltiples miradas, que buscan interpretar su dinámica de crecimiento (CONAPO, 2010). Ver tabla 1.4.

Tabla 1.4 Zona metropolitana de Toluca: Población, tasa de crecimiento y densidad media urbana, 1990-2010

Clave	Municipio	Población			Tasa de crecimiento medio anual		Superficie (km ²)	DMU2 (hab/ha)
		1990	2000	2010	1990-2000	2000-2010		
Zona metropolitana de Toluca		1,110,492	1,540,452	1,936 126	3.3	2.2	2,203.2	64.8
15005	Almoloya de Juárez	84,147	110,591	147,653	2.8	2.8	480.2	45.4
15018	Calimaya	24,906	35,196	47,033	3.5	2.8	103.0	57.9
15027	Chapultepec	3,863	5,735	9,676	4.1	5.2	12.0	46.7
15051	Lerma	66,912	99,870	134,799	4.1	2.9	230.8	43.9
15054	Metepec	140,268	194,463	214,162	3.3	0.9	67.4	83.8
15055	Mexicaltzingo	7,248	9,225	11,712	2.5	2.3	11.3	57.7
15062	Ocoyoacac	37,395	49,643	61,805	2.9	2.1	139.3	59.9
15067	Otzolotepec	40,407	57,583	78,146	3.6	3.0	112.3	28.0
15072	Rayón	7,026	9,024	12,748	2.6	3.4	23.0	62.3
15073	San Antonio la Isla	7,321	10,321	22,152	3.5	7.7	25.3	81.3
15076	San Mateo Atenco	41,926	59,647	72,579	3.6	1.9	18.9	49.6

15087	Temoaya	49,427	69,306	90,010	3.5	2.6	188.1	33.5
15106	Toluca	487,612	666,596	819,561	3.2	2.0	428.1	72.3
15115	Xonacatlán	28,837	41,402	46,331	3.7	1.1	53.5	43.3
15118	Zinacantepec	83,197	121,850	167,759	3.9	3.1	310.0	47.9

(CONAPO,2010)

1.4.2.2 Población Metepec

La población del municipio según datos del INEGI censo de población y vivienda 2010 es de 214.162 habitantes de los cuales 103.059 son mujeres y 111.103 son hombres, el 40% es originario de esta zona, mientras el otro 30% proceden de ciudad de México y un 30% extranjeros en su mayoría españoles, argentinos y holandeses (Ayuntamiento Metepec, 2019).

1.4.2.3 Población Mexicaltzingo

Conforme con el último censo de población realizado por el INEGI en 2010, Mexicaltzingo cuenta 11,712 habitantes, de los cuales 5,658 son hombres, es decir el 48.3%, y 6,054 son mujeres, equivalente al 51.7% de la población total, su densidad poblacional es de 960 habitantes por kilómetro cuadrado. De 1990 a 2010 el municipio registró un crecimiento poblacional del 61.59% (Ayuntamiento Mexicaltzingo, 2019).

1.4.3 Economía Estado de México

Su economía contribuye un 9.5% al Producto Interno Bruto de México, lo que le posiciona como la segunda economía del país, seguido de la Ciudad de México. El PIB estatal está compuesto en un 28% por la industria manufacturera, de maquinaria y equipo, de electrónicos, automotriz, textil y maquiladora; un 22% por el sector servicios; el 20% por el comercio, hoteles y restaurantes; y el 15% por los servicios financieros y actividades inmobiliarias (INEGI, 2015).

1.4.3.1 Economía, Metepec

Metepec tiene un PIB cercano a los 4.700 millones de dólares (2000 millones de euros) que son producto de la inversión extranjera y de una actividad económica cada vez más potente. El PIB per cápita es alto comparado con el del país e inclusive su ciudad vecina y capital del estado: Toluca. 19.265 USD para Metepec en 2009 cercano a los parámetros de los países desarrollados. La principal actividad económica es la industria, en gran parte de capital extranjero. En segundo

lugar, se ubica el turismo y la exportación de artesanías (Ayuntamiento del municipio de Metepec, 2019).

1.4.3.2 Economía Mexicaltzingo

En 2012 su Producto Interno Bruto fue de 246.40 millones de pesos conforme al Índice de Precios del Consumidor de 2003, lo que representó para la entidad el 0.03%. El municipio registraba 606 unidades económicas, es decir, establecimientos, destacan los comercios al por menor con el 49.50%, en segundo lugar, está la industria manufacturera con el 11.22% y en tercer término el servicio de alojamiento temporal también con el 9.90% los establecimientos (Ayuntamiento Mexicaltzingo, 2019).

1.5 Manejo de RSU en el área de estudio (Estado de México, Valle de Toluca, Metepec y Mexicaltzingo) (aspectos técnicos)

Actualmente, gran parte de los municipios rurales limitan el manejo de sus residuos sólidos a los elementos básicos: generación, recolección y disposición final; en algunos casos se realiza adicionalmente el barrido manual en las calles de la cabecera municipal.

En los municipios urbanos y metropolitanos la meta es reincorporar subproductos al ciclo económico (reciclaje, compostaje), aquí los sistemas requieren procesos adicionales en el manejo de los residuos sólidos. Hay una gran diversidad de formas de tratamiento adicional con diferentes finalidades que hacen el manejo de los residuos más complicado; Sin embargo, generalmente presentan una reducción de los impactos negativos al ambiente (Gobierno del Estado de México, 2009).

En el 2000, el Servicio Público de Manejo Integral de RSU atendió al 80.9% de la población del Estado, incluyendo en algunos de sus municipios las etapas de tratamiento y transferencia (Gobierno del Estado de México, 2009).

Dentro de la estructura y funcionalidad administrativa y técnica con la que se presta el Servicio Público de Manejo Integral de RSU en el Estado de México, para el año 2000 se contaba con 50 ayuntamientos (40.9%) con Reglamento de Servicio de Limpia, instrumento que se considera como una herramienta legal que da soporte a la parte operativa y de supervisión, no sólo del

Servicio Público de MIRSU, ya que a la vez permite fortalecer los programas de educación ambiental que existan o estén por desarrollarse (Gobierno del Estado de México, 2009)..

Se observo que 19 municipios (15.6% del total) tenían una contabilidad separada del resto de las finanzas municipales, lo cual se refleja en su autonomía y aplicación de recursos financieros de acuerdo con las necesidades operativas cotidianas. En promedio se trabajan 341 días al año, empleando para ello 7,496 trabajadores en todo el servicio (Gobierno del Estado de México, 2009).

1.5.1 Generación de RSU, Estado de México

En el Estado de México entre 2017-2023 se producirán 12.7 mil toneladas (13 por ciento del total nacional), lo cual equivale a 0.7 kilogramos per cápita al día (SEMARNAT, 2020).

1.5.1.1 Generación Valle de Toluca

En la generación de residuos sólidos se encuentran de la siguiente manera, ver tabla 1.5;

Tabla 1.5 Cantidad de residuos generados por municipio en el Valle de Toluca

Municipio	Tipo de Municipio	Unidades económicas		Generación RSU		Inorgánico	
		(ue)	(ton/día)	Total	Reciclable	Total	Tratable
Almoleya de Juárez	Alta	1,685	154.445	59.137	21.669	95.308	74.319
Calimaya	Alta	1,407	49,197	18.837	6.902	30.359	23.673
Chapultepec	Baja	225	10.121	3.875	1.420	6.246	4.870
Lerma	Alta	3206	141.000	53.989	19.782	87.011	67.849
Metepec	Alta	7,815	224.013	85.775	31.429	138.239	107.795
Mexicaltzingo	Baja	549	12.251	4.691	1.719	7.560	5.895
Ocoyoacac	Alta	2,647	64.648	24.754	9.070	39.894	31.109
Otzolotepec	Alta	1,607	81.741	31.299	11.468	50.442	39.334
Rayón	Baja	368	13.334	5.106	1.871	8.229	6.417
San Antonio la Isla	Media	661	23.171	8.872	3.251	14.299	11.150
San Mateo Atenco	Alta	5,072	75.918	29.069	10.651	46.849	36.532
Temoaya	Alta	1,315	94.150	36.050	13.209	58.100	45.305
Toluca	Alta	32,994	857.261	328.245	120.274	529.016	412.514
Xonacatlán	Alta	1,646	48.46	18.556	6.799	29.906	23.320
Zinacantepec	Alta	4,466	175.476	67.190	24.619	108.286	84.439
Totales		65,663	2,025	775	284	1,250	975

(Sosa et al, 2012)

De acuerdo con la tabla 1.5 los municipios que generan la mayor parte de los RSU son Toluca, Metepec, Zinacantepec, Almoloya de Juárez y Lerma.

1.5.1.2 Generación Metepec

De acuerdo con Ramos (2013) los datos de generación y recolección de residuos sólidos urbanos de Metepec para el 2012 son:

- Generación per cápita de RSU de 1.04 Kg/habitante/día
- Generación diaria contabilizada de 224.013 ton/día
- Cobertura del servicio de limpia y recolección del 100% (servicio domiciliaria y comercial principal) (Ramos, 2013).

1.5.1.3 Generación Mexicaltzingo

La cantidad de residuos generada por la población del municipio es de 12.251 toneladas diarias, sin embargo, esta ha aumentado a casi 17 toneladas en el último año (INEGI,2015).

1.5.2 Composición RSU Estado de México

Para la determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos de origen doméstico y comercial, se evalúan a través de un estudio de caracterización presentado en la Norma Mexicana NMX-AA-22-1985, de selección y cuantificación de subproductos (SEMARNAT,1985). Esta clasificación permite ver que teóricamente sería posible tratar casi un 48% de los RSU generados en el Estado de México a través de sistemas biológicos simples como el composteo (Gobierno del Estado de México, 2009). En el caso de composición de los RSU, ésta se enfoca a aquellos procedentes de domicilios. Para el año 2000, sólo 31 municipios tuvieron conocimiento de sus residuos, de los cuales cuatro presentaron la caracterización de subproductos completa de acuerdo con la norma mencionada, ver figura 1.9.

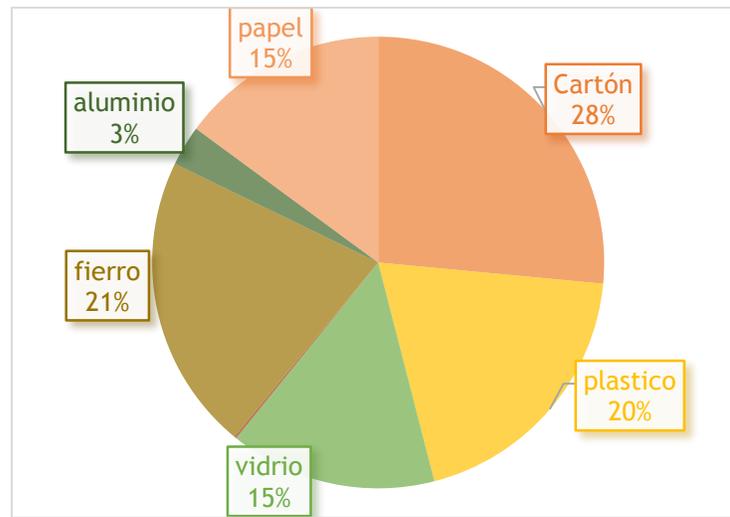


Figura 1.9 Composición promedio de los subproductos de los RSU en el Estado de México (SEMARNAT, 2015)

1.5.2.1 Composición de RSU Metepec

La composición porcentual de los diferentes subproductos que conforman los residuos sólidos urbanos de Metepec se muestra en la tabla 1.10. Dicha tabla describe el porcentaje de cada subproducto por su origen (residuos domiciliarios y residuos comerciales). Los residuos domiciliarios se clasifican de acuerdo con los estratos socioeconómicos mostrados anteriormente. El número de toneladas por día se realizó de acuerdo con el porcentaje de población que compone cada estrato socioeconómico en conjunto con los residuos de origen comercial. Los datos obtenidos son una aproximación de acuerdo con datos que reporta el Gobierno del Estado de México (2009) de municipios que tienen semejanzas en materia de población y actividades económicas.

Se puede concluir que el porcentaje mayor de generación de RSU corresponde a residuos orgánicos tratables y residuos inorgánicos reciclables; con un porcentaje aproximado de 80% correspondiente a 180 ton/día aproximadamente. Esta clasificación nos ayuda a detectar claramente los puntos de oportunidad para el desarrollo del programa de gestión de residuos sólidos. En la tabla 1.6, se puede apreciar la composición de los subproductos de residuos sólidos en Metepec.

Tabla 1.6 Composición de los subproductos por origen del municipio de Metepec

Categoría	Subproducto	Domiciliarios				Comercial	%Total	Ton/día (2012)
		Alto%	Medio%	Bajo%	Total%			
1	Algodón	0.37	0.71	0.42	0.52	1.62	1.07	3.21
2	Cartón	1.99	2.28	1.78	1.99	6.38	4.18	12.56
2	Cuero	0.19	0.64	0.90	0.72	0.00	0.36	1.08
2	Residuo Fino	5.55	9.87	9.89	9.39	4.36	6.88	20.63
3	Envase cartón encerado	2.52	1.32	1.06	1.32	1.78	1.55	4.65
2	Fibra dura vegetal	0.00	0.00	1.32	0.67	1.11	0.89	2.68
4	Fibra dura sintéticas	0.95	0.80	1.51	1.18	0.08	0.63	1.88
2	Hueso	0.02	0.48	0.00	0.18	0.09	0.14	0.41
4	Hule	0.23	0.00	0.09	0.07	0.73	0.40	1.20
5	Lata	2.24	1.66	1.77	1.78	6.78	4.28	12.86
4	Loza y cerámica	2.02	0.69	1.37	1.19	0.59	0.89	2.66
2	Madera	0.00	0.77	0.05	0.31	0.00	0.16	0.47
4	Materiales construcción	0.00	0.00	0.00	0.00	2.79	1.39	4.18
5	Material ferroso	0.34	0.11	0.05	0.10	0.08	0.09	0.27
2	Papel	12.59	12.75	8.88	10.77	13.65	12.21	36.63
1	Pañal desechable	7.12	8.89	10.44	9.47	0.27	4.87	14.62
4	Plásticos de película	5.00	4.76	4.76	4.79	5.22	5.01	15.02
5	Plástico rígido	7.12	4.64	3.80	4.50	5.86	5.18	15.54
5	Poliuretano	0.48	0.14	0.83	0.53	0.25	0.39	1.16
5	Poliéster expandido	1.05	0.44	0.63	0.60	0.90	0.75	2.26
2	Residuos alimenticios	28.28	39.65	35.84	36.42	31.51	33.97	101.93
2	Residuos de jardinería	13.40	0.50	4.51	4.01	0.02	2.01	6.04
2	Trapo	0.15	1.40	0.49	0.80	0.60	0.70	2.09
5	Vidrio de color	0.97	0.29	0.80	0.63	3.36	1.99	5.98
5	Vidrio transparente	4.74	4.74	4.95	4.84	8.71	6.78	20.34
6	Otros	2.33	2.52	3.89	3.19	2.49	2.84	8.52
	Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	224.013

Fuente: Gobierno del Estado de México, 2009

1.5.2.2 Composición de RSU Mexicaltzingo

No hay información de composición sin embargo en esta investigación se presentará en los resultados la composición.

1.5.3 Recolección RSU, Estado de México

Se deduce que se recolectan 5,877 toneladas por día en todo el estado, lo cual equivale a una cobertura del 66% con respecto a la generación de RSU en los municipios que contaban con servicio de recolección. La menor cobertura de recolección la presentan los municipios rurales, ya que disponen de escaso parque vehicular y una población dispersa en todo su territorio,

brindando el servicio por lo regular sólo en la cabecera municipal. En estos indicadores no se incluye datos del sector informal o concesionarios, únicamente del servicio prestado por los municipios (Gobierno del Estado de México, 2009).

1.5.3.1 Recolección RSU Metepec

Se calcula que se recolecta 220 ton/d de RSU en el municipio, de acuerdo con el departamento de servicios públicos Metepec en el 2019.

1.5.3.2 Recolección de RSU Mexicaltzingo

Se calcula que se recolecta 17 ton/d de RSU en el municipio, de acuerdo con el departamento de servicios públicos Mexicaltzingo en el 2019.

1.5.4 Disposición Final, Estado de México

Con el ingreso en vigor de la NOM-083-SEMARNAT-2003 a partir del 20 de diciembre de 2004, todos los sitios de disposición tienen que ser revisados y evaluados para concretar si cumplen en su totalidad con la nueva normatividad o si son necesarias medidas adicionales para su cumplimiento. A finales de 2007, 46 municipios habían iniciado el trámite de regularización de sus sitios (se presentaron 19 planes y 27 listas de verificación), para hacer una evaluación de regularización de un sitio de disposición final, se tomaron en cuenta los conceptos de sitios que establece la NOM-083-SEMARNAT-2003 (SEMARNAT, 2004): Relleno Sanitario, Sitio de disposición final controlado, Sitio de disposición final no controlado.

En el año 2000, 99 municipios tenían al menos con un sitio de disposición final para los residuos sólidos, contabilizando 109 sitios, en donde se depositaban 7,844 toneladas diarias, que correspondieron al 70.6% del total generado en el Estado de México. Como se puede ver en la tabla 1.7, aumentó la cantidad de RSU a disponer y disminuyó el número de sitios de disposición final en el Estado de México, incrementándose la proporción de rellenos sanitarios y sitios controlados. Los sitios no controlados se encuentran en mayor proporción con 54, pero el ingreso de residuos (1,877 ton/día) es inferior al de los 35 sitios controlados (3,106 ton/ día) (Gobierno del Estado de México, 2009).

Tabla 1.7 Disposición final de RSU en el Estado de México

Tipo de sitio de disposición final	Ingreso de RSU año 2000		Ingreso de RSU año 2007	
	No. de sitios	(Ton/ día)	No. de sitios	(Ton/día)
Relleno Sanitario	3	1,308	10	7,550
Sitio controlado	14	4,555	35	3,106
Sitio no controlado	92	1,981	54	1,877
Total	109	7,844	99	12,533

Fuente: (Gobierno del Estado de México, 2009)

1.5.4.1 Disposición Final, Valle de Toluca

En dicha zona existen 3 rellenos sanitarios, los cuales se describirán a continuación:

Zinacantepec. El relleno sanitario de Zinacantepec se ubica a 12.7 kilómetros en línea recta y en dirección norponiente del centro de la Ciudad de Toluca, a 8.9 kilómetros de la Laguna de Ojuelos, sobre la Autopista No. 15 que enlaza las ciudades de Toluca y Morelia. Ocupa una superficie de 60 hectáreas y opera como relleno sanitario desde el año 2007 (Martínez, 2016).

San Antonio la Isla. El relleno sanitario de San Antonio la Isla, se ubica a 15 kilómetros en línea recta y en dirección sur del centro de la Ciudad de Toluca. Ocupa una superficie de 10.5 hectáreas. Opera desde el año 2006. Se estima que en este sitio se han confinado alrededor de más de 1 millón de toneladas de basura. Recibe en promedio 850 toneladas de basura diariamente, de las cuales el 40 % proviene del municipio de Toluca, mientras que el 60 % restante, corresponde a otros 10 municipios del Valle de Toluca (Martínez, 2016).

Vertedero de San Miguel Mimiapan, Xonacatlán. El relleno sanitario de San Miguel Mimiapan se ubica a 26.3 kilómetros en línea recta y en dirección noreste del centro de la Ciudad de Toluca. Ocupa una superficie de 25 hectáreas. Opera desde el año 2007. Recibe en promedio 600 toneladas de basura diariamente, de las cuales el 16% proviene del municipio de Toluca, mientras que el 84 % restante, corresponde a otros 9 municipios del Valle de Toluca y Zona Metropolitana de CDMX (Martínez, 2016).

1.5.4.2 Disposición final, Metepec

El municipio no cuenta con un sitio de disposición final, lo que se ha reflejado en los gastos generales del servicio ya que se deben cubrir los pagos por derecho de uso del Relleno Sanitario

de San Antonio la Isla. Así mismo es importante mencionar que Metepec contaba con un socavón, el cual cerró en 2006; a dicho socavón se le da mantenimiento básico que consiste en limpieza del sitio, monitoreo del nivel del suelo y de las chimeneas (Ayuntamiento del municipio de Metepec, 2019).

1.5.4.3 Disposición final, Mexicaltzingo

El municipio de Mexicaltzingo no cuenta con un adecuado lugar para hacer la disposición final de sus residuos, ya que contaban con un basurero a cargo del ayuntamiento, el cual esta clausurado por la SEMARNAT. Siendo así, actualmente envían sus RSU al Relleno de la Isla (Ayuntamiento del municipio de Mexicaltzingo, 2019).

1.6 Estrategias de Gestión de RSU, Estatales

El programa para la prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México, presenta un diagnóstico básico de la situación del Estado de México en materia del manejo de los residuos sólidos urbanos, así como los lineamientos básicos para la formación y conducción de la política de residuos, los elementos para la planeación y programación, (Gobierno del Estado de México, 2009).

1.6.1 Estrategias de Gestión de RSU, Metepec

Las estrategias del municipio están enfocadas en brindar el servicio de recolección de residuos sólidos y limpieza de calles.

1.6.2 Estrategias de Gestión de RSU, Mexicaltzingo

El municipio de Mexicaltzingo en su plan de desarrollo 2018-2021 no se encuentra nada que mencione el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos de manera concreta.

2 MÉTODO

La metodología se representa en tres fases; las dos primeras fases corresponden al trabajo de campo y la última, al trabajo de gabinete. El caso de Orizaba, la información de la fase I y la fase III se encuentra en el anexo 1, ya que este municipio no está en del Valle de Toluca.

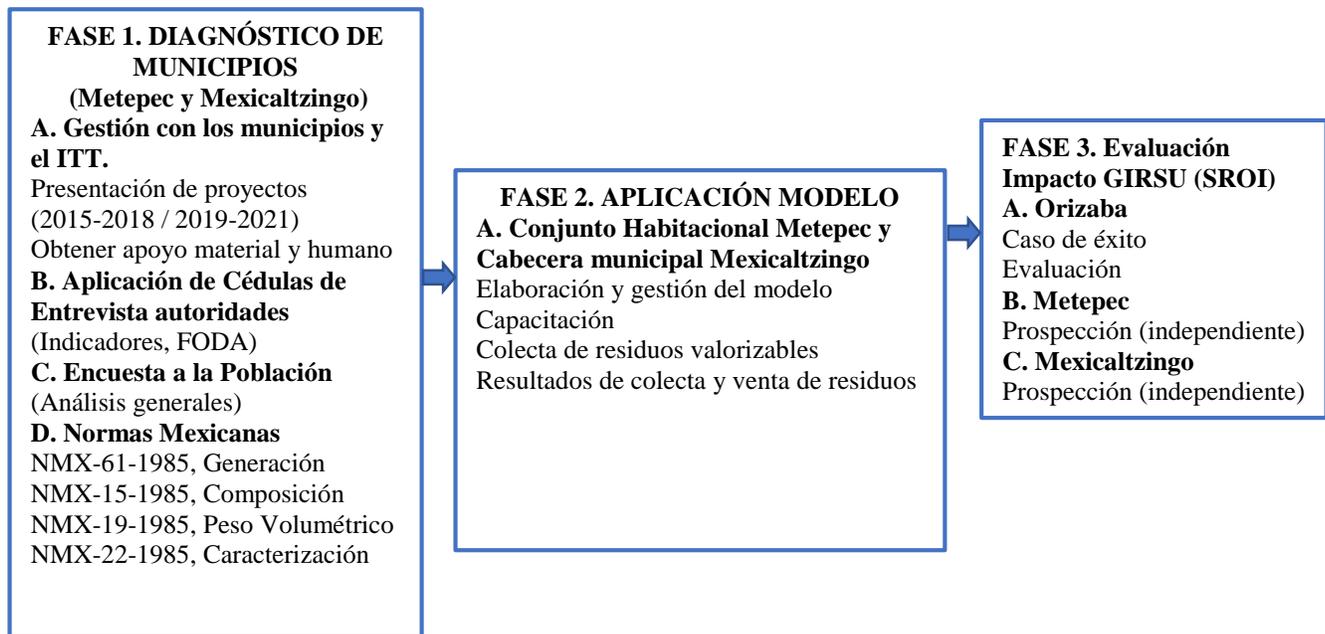
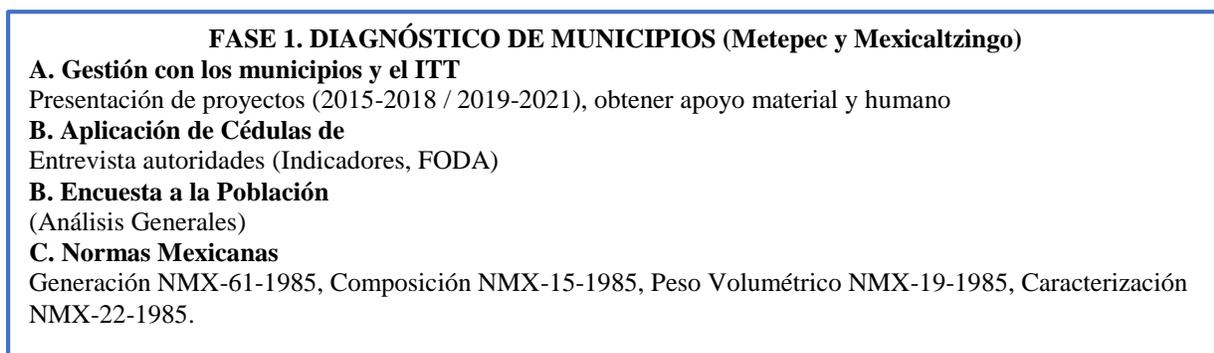


Figura 2.1 Metodología de investigación

2.1 Fase I. Diagnóstico de municipios

En la figura 2.2 se desglosa la metodología que se utilizó para hacer el diagnóstico de los municipios de Metepec y Mexicaltzingo con respecto al servicio de recolección de los RSU tanto de las autoridades locales como de la población usuaria del servicio.



Para realizar este proyecto, se seleccionaron los municipios de Metepec y Mexicaltzingo, por estar en ubicados en el valle de Toluca, por su población y la generación de residuos sólidos urbanos (RSU). Se visitaron a las autoridades encargadas de las áreas de medio ambiente y servicios públicos para presentar el proyecto, solicitar permiso y pedir apoyo para su realización. También se solicitó conocer los programas y acciones de la gestión anterior (2015-2018) y de la actual (2019-2021).

El apoyo solicitado para llevar a cabo el proyecto fue: oficios para comunicación oficial con la ciudadanía, espacio físico para hacer las pruebas y modelos y conservación temporal de materiales reciclables, una camioneta de una tonelada con chofer y personal de apoyo. Logrando la aprobación del proyecto por parte de autoridades y presidentes municipales.

2.1.1 Aplicación de cédula de entrevista

La cédula de entrevista fue elaborada por el grupo de investigación de tratamientos de contaminantes y aprovechamiento de residuos con clave ITTOL-CA-3 dentro del proyecto de investigación 263315: Ubicación de Rellenos Sanitarios de intermunicipales futuros en el estado de México y estados aledaños, Fondo Sectorial de Investigación Ambiental. SEMARNAT-CONACYT (Hernández & Mañón, 2015). Esta cédula está dirigida a funcionarios de gobierno en el área de servicios públicos y medio ambiente, con una duración de 3 horas y media. El objetivo de aplicar la cédula obtener de entrevista es obtener un diagnóstico de las fortalezas humanas y materiales con que cuentan los municipios para hacer las actividades de sus MIRSU.

2.1.2 Indicadores para evaluar sus condiciones de sustentabilidad en la parte de: gobernanza, economía, sociedad, y medio ambiente.

Dichos indicadores tienen una metodología de acuerdo con el sistema de indicadores para la evaluación integral y control de la gestión de residuos municipales realizados por el grupo de investigación Sanitaria de la Universidad de Cantabria en España y el campo académico ITTOL-03 del Instituto Tecnológico de Toluca en México (Olay, 2020). Estos indicadores se pueden representar en el esquema de semaforización a fin de detectar aspectos carentes en rojo, en proceso amarillos y bien realizados en verde. Esto permite hacer una radiografía de la situación del MIRSU del municipio.

2.1.3 Análisis FODA

Debido a que se trabajó con dos administraciones diferentes (2015-2018) y (2019-2021) en Metepec y en Mexicaltzingo, fue necesario hacer dos FODAS para tener una comparación entre estos municipios y poder discutir aspectos positivos y negativos en cada gestión.

2.1.4 Aplicar Cuestionarios a la Población, cabecera y estratos

En los hogares se aplicaron encuestas ver anexo 2, con el apoyo de 300 estudiantes del Instituto Tecnológico de Toluca para precisar la opinión pública sobre el manejo actual de RSU en ambos municipios, en un periodo de seis fines de semana durante el mes de noviembre y diciembre del 2018 para el municipio de Metepec de manera tradicional con captura física y una semana en septiembre del 2019 para el municipio de Mexicaltzingo de manera digital con una aplicación, la cual fue realizada por alumnos del ITT, esta se apoyó en un cuestionario de respuestas múltiples, la subsiguiente información que predominó fue, por una parte, sobre la gestión de residuos sólidos urbanos y por otra parte se preguntó sobre las características de la vivienda.

De la población de Metepec, se seleccionaron 6,932 hogares de los cuales se hizo una muestra de 397 hogares repartidos en estrato bajo representando el 21.91%, medio 30.23%, alto 21.91% y la cabecera 25.69. En Mexicaltzingo, se seleccionaron 2,167 hogares de los cuales se hizo una muestra de 154 hogares en la cabecera, con un error típico de 0.1% y una varianza de 0.25 y con un nivel de confianza del 99% para ambos municipios (Hernández & Mañón, 2015), de acuerdo con la siguiente fórmula matemática:

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2 pq}}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra que deseamos conocer

N = tamaño conocido de la población,

e = error típico

z = nivel de confianza

pq = varianza

Posteriormente se hizo un análisis global del sentir de la ciudadanía sobre el manejo de RSU en su municipio.

2.1.5 Generación per cápita, cuantificación y composición de RSU

En principio, se determinó el tamaño de la muestra de acuerdo con un análisis estadístico, la cual fue en promedio de 100 casas en cada estrato (bajo, medio y alto) y las cabeceras de los municipios, a fin de que el estudio fuese significativo. Siguiendo las normas NMX-AA 15 Cuarteo (SEMARNAT, 1992), NMX-AA 19 Peso Volumétrico, NMX-AA 61 Generación per cápita diseñadas en 1985 (SEMARNAT, 1985). Se seleccionaron diferentes casas, se levantó un cuestionario ver anexo (E) preguntando a cada persona si querían cooperar en un estudio de caracterización de RSU. Durante 7 días se colectaron sus residuos mezclados en bolsas de plástico transparente identificadas, de las casas participantes. Se marca el número de casa, se pesa y se toma nota de su generación diaria por familia en cada estrato.

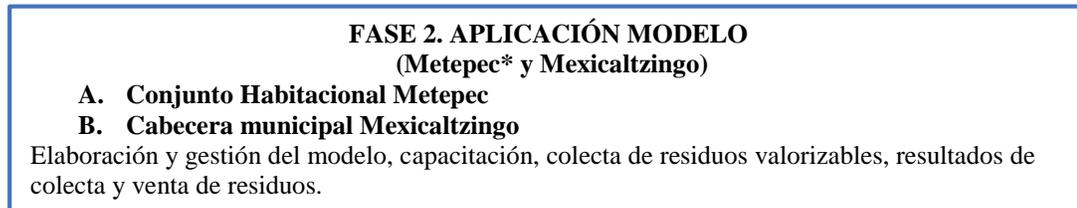
Posteriormente se llevan los residuos en camioneta a un área con piso de concreto y de preferencia con techo, donde se realiza el cuarteo, el cual consiste en juntar todos los residuos, dividirlos en 4 partes, quedarse con 2 partes proporcionarles y el resto se coloca en 2 tambos de 200 litros, en el cual 1 sirve para poder medir el peso volumétrico, donde se llena a la mitad se levanta y se deja caer sin aplastar hasta llenarlo y poder medir así su volumen. El otro tambor se usa para depositar los residuos que ya no son medibles. De esta forma se tiene el estudio de composición ya que se puede cuantificar que residuos son los que más se generan en la población de ambos municipios y poder así extrapolar la información NMX-15-1985 (SEMARNAT, 2015). De acuerdo con el volumen recolectado diariamente por casa se puede medir la generación per cápita de RSU de acuerdo con el número de habitantes participantes, el cual debe cubrir al menos 60 casas de las 100 que se les invitó al principio, las cuales deben proporcionar al menos 4 días sus residuos durante la semana.

2.2 Fase II Aplicación modelo

La selección del modelo se realizó en base al estudio diagnóstico. Debido al apoyo del municipio, representantes, ciudadanos y del Instituto Tecnológico de Toluca; se llevó a cabo el programa, empezando por la organización de líderes y grupos de trabajo, con asignación de rutas y actividades. La parte operativa, consistió en desarrollar actividades de Capacitación, Adaptación y Recolección diferenciada. En la figura 2.3 se desglosa la metodología que se llevó a cabo en

ambos municipios, por una parte, en el Conjunto habitacional del estrato medio en Metepec y por otra en la cabecera de Mexicaltzingo.

Figura 2.3 Fase 2. Aplicación Modelo



2.2.1 Elaboración y Gestión del modelo

Se hicieron oficios y permisos para poder realizar el proyecto, posteriormente se invitó a los alumnos del ITT a realizar actividades los fines de semana, los cuales recibieron una capacitación previa para poder dar pláticas de educación ambiental sobre el tema de separación y reciclaje de residuos. A la par, se prepararon trípticos y material de trabajo para entregar a los residentes (Hochstrasser, *et al.*,2021).

2.2.2 Capacitación y adaptación

En esta etapa se realizaron las siguientes actividades: organizar a los representantes de la población objetivo, se capacitaron a los alumnos del Instituto Tecnológico de Toluca para proporcionar educación ambiental a residentes sobre temas de residuos sólidos. Posteriormente se realizó una campaña de concientización sobre la separación y reciclaje de RSU, a fin de generar saber sobre la manera de separar los residuos en el interior y exterior de su casa, por lo que se hicieron una guía de trabajo anexo (F), trípticos anexos (G) y un logo para identificar el Programa Hacia Cero Basura anexo (H). La campaña estuvo conformada por 300 alumnos del ITT quienes capacitaron a la población objetivo. Finalmente se realizó un evento cultural, sobre el reciclaje donde se presentaron autoridades de gobierno e invitados principales para realizar talleres y pláticas de educación ambiental (Hochstrasser, *et al.*,2021).

2.2.3 Recolección Diferenciada

Para el caso de Metepec en esta etapa primero se les adapto sus cuartos de residuos para que se depositaran los residuos separados usando los colores de acuerdo con el artículo 18 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos LGPGIR (SEMARNAT,2003). En

ambos municipios el departamento de medio ambiente suministro una camioneta Ford para poder hacer la actividad, la cual fue adaptada para poder aprovechar la capacidad de esta.

2.2.4 Resultados de colecta y venta de residuos

. Se contabilizó la cantidad de residuos valorizables y se vendió los residuos reciclables pet, lata, fierro, plástico rígido, papel, y vidrio.

2.3 Fase III Método SROI

Para realizar la evaluación del impacto de la GIRSU, se seleccionó el método del Retorno Social de la Inversión SROI, que consiente en medir la aportación social; tanto del gobierno, ciudadanos y empresas a fin de medir la mejora en la calidad de vida de la población y el medio ambiente (Nicholls *et al.*, 2009). Incorporando unidades de gestión a fin de hacer económicamente sostenibles ciertas acciones. De modo que fluyan ingresos que antes no se percibían sobre todo para países en desarrollo.

En la figura 2.4, se presenta el desarrollo del método; en la evaluación de un caso de éxito en la GIRSU del municipio de Orizaba Veracruz anexo (A). Posteriormente, se determinó la realización de un análisis prospectivo, debido al interés del municipio de Metepec, para realizar un programa de GIRSU, con el apoyo de empresas expertas en la materia, a fin de lograr una visión empresarial de manejo de los residuos y hacer una planeación de los procesos que permitirán mejorar las condiciones de la población (Hochstrasser,2020). Por último, se realizó una prospección para el municipio de Mexicaltzingo, para proponerles hacer un programa GIRSU de manera regional.

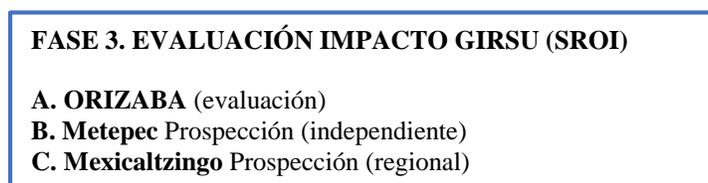


Figura 2.4 Fase 3. Evaluación impacto GIRSU, SROI

En el estudio de Gair (2009) en el *Investing in Employment and Hope* REDF, el SROI es una herramienta, desarrollada y probada por *The New Economics Foundation* (NEF,2004), es una técnica basada en el análisis tradicional de costo-beneficio, asignando valores monetarios a las redes sociales y al retorno social de la inversión (Rotheroe & Richards, 2007) La singularidad de

esta metodología permite medir aspectos cuantitativos como cualitativos de una organización. Es una herramienta para que tanto gestores como inversionistas del proyecto, tomen decisiones basadas en la optimización de los impactos sociales y medioambientales del proyecto (Navarrillos, 2012). De acuerdo con (Nicholls *et al.*, 2012) para realizar el análisis prospectivo, en la figura 2.5, se presentan las siguientes fases metodológicas:

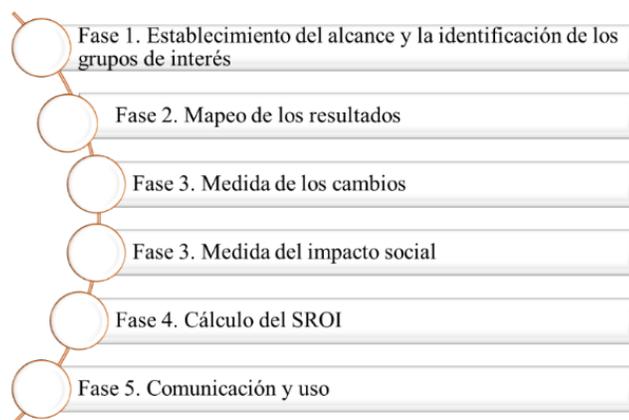


Figura 2.5 Fases para la construcción del diseño y cálculo del SROI (Nicholls *et al.*, 2009)

2.3.1 Fase 1: Alcance y grupos de interés (*stakeholders*)

Consiste en la identificación de los agentes de interés que presentaron un cambio, positivo o negativo. Para cada uno de ellos se describen los resultados (*outputs*), así como la inversión (*Inputs*).

2.3.2 Fase 2: Mapeo de cambios (*outcomes*):

En este punto se describen los cambios que experimentan los *stakeholders*, y que han sido logrados por la ejecución de las actividades y acciones del programa. En este caso, el de limpieza y manejo de los RSU en Metepec. Por lo que se elaboró un mapa con los enfoques principales (gobernanza, económico, social y medio ambiente) en su conjunto para poder detectar los resultados y los cambios principales y hacer una prospección para lograr la GIRSU (Hochstrasser, *et al.*, 2021).

2.3.3 Fase 3: Medida de los cambios

Con el fin de medir los cambios antes descritos, se indagaron variables aproximadas o *proxy*, que dieran cuenta, al menos aproximada de dichos cambios (Hochstrasser, *et al.*, 2021).

2.3.4 Fase 4: Medida del impacto social

Los impactos sociales resultan de ponderar, entre los costos y los ingresos, la parte de la obtención de los cambios que no se puede atribuir al programa (Hochstrasser, *et al.*, 2021). Para ello se utilizan cuatro correctores propuestos por la Office, T. C. (s.f.):

- *Deadweight* (Peso muerto): manifiesta los cambios que se hubiesen producido, aunque el programa no hubiera existido
- *Attribution* (Atribución): enseña la proporción de los resultados que no pueden atribuirse de manera directa a las acciones del programa, ya que hay otros agentes en el contexto que participan en su consecución
- *Drop off* (Deterioro): presenta la depreciación con respecto al tiempo.
- *Displacement* (Desplazamiento): registra la proporción de los cambios que desplaza la realización de otros cambios. La cual resulta de la cantidad multiplicada por proxy financiero, menos peso muerto, desplazamiento y atribución.

Estos correctores, permiten hacer una prospección a cinco años, que permiten estimar el valor actual de los impactos, de acuerdo con los costos y los ingresos que estos representen, si fuese el caso de dar continuidad a la propuesta para institucionalizar el Programa de GIRSU en Metepec

2.3.5 Fase 5: Cálculo del SROI

Habiendo ejecutado los cálculos de los cambios principales tanto de los ingresos totales, como de los costos totales, se sacan de acuerdo con cada cambio a fin de obtener el valor actual neto de los impactos. Después se procede a calcular los valores descontados de los ingresos totales menos los costos totales; que de acuerdo con Stern (2006) debe ser no menor al 3%, durante un periodo de cinco años.

$$VAN (\text{Valor Actual Neto}) = \frac{\text{Valor del impacto (año1)}}{(1+r)} + \frac{\text{Valor del impacto (año2)}}{(1+r)^2} + \frac{\text{Valor del impacto (año3)}}{(1+r)^3} + \dots + \frac{\text{Valor del impacto (año n)}}{(1+r)^n} \dots \dots \dots (\text{Ec.1})$$

Consecutivamente se consigue el valor neto con la sumatoria de estos valores descontados, y finalmente se adquiere el SROI dividiendo el valor neto entre la inversión total que se obtiene de la fase dos

$$SROI = \frac{VAN}{\text{Inversión total}} \dots \dots \dots (\text{Ec. 2})$$

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 METEPEC

3.1.1 FASE 1. DIAGNÓSTICO METEPEC

3.1.1.1 Indicadores de Gobernanza

En la parte de gobernanza se puede apreciar que falta mucho por trabajar en cuanto a leyes, normas y sanciones aplicables en el MIRSU de Metepec, no hay un diagnóstico de la gestión de sus residuos, por lo que en el presente trabajo se presenta los resultados obtenidos. Ver tabla 3.1

Tabla 3.1 Indicadores de Gobernanza en el MIRSU de Metepec

	Existencia de legislación (nacional y/o local)
	Cumplimiento con una legislación estatal
	Programa y reglamento municipal
	Diagnóstico de la gestión de sus residuos
	Existencia de instrumentos económicos que promuevan la ejecución de la gestión de residuos
	Registro de sanciones
	Presencia de prevención de residuos en el marco legal y/o políticas

3.1.1.2 Indicadores Sociales

En el MIRSU de Metepec, la parte social se cuenta de manera parcial el perfil del personal en puestos claves, la asignación de funciones y responsabilidades, además que el grado de satisfacción de los usuarios es regular, los procedimientos de comunicación y control de prestaciones del servicio, además, que se está integrando de manera parcial la inclusión del sector informal. Cabe mencionar que no cuentan con personal informal en el área de limpia, los trabajadores cuentan con servicio médico, cuentan con prestaciones, y los salarios están por arriba del salario mínimo. Sin embargo, se puede visualizar una falta de coordinación, cooperación, disponibilidad pública de la información, no se está implementando acciones de educación ambiental en la población y capacitación en sus trabajadores, así como el fomento económico para prevención de residuos. Cabe distinguir, que en el apartado de barrido se puede apreciar una oportunidad para generar nuevos empleos. Tabla 3.2

Tabla 3.2 Indicadores Sociales en el MIRSU de Metepec

	Perfil del personal en puestos clave (parcialmente)
	Asignación de funciones y responsabilidades
	Coordinador del servicio
	Personal informal en el área
	Cooperación institucional
	Disponibilidad pública de información
	Grado de satisfacción de los usuarios
	Procedimientos para comunicación
	Inclusión del sector informal
	Población para la cual están implementadas acciones de educación ambiental y concienciación.
	Control de la prestación de servicios
	Aspectos relacionados con seguridad e higiene
	Incentivos económicos para la prevención de residuos
Barrido	
	1.98 personas por cada 10,000 habitantes y/o personal formal por cada 1000 toneladas
	Salario de trabajadores 134% por arriba del salario mínimo
	cuentan con servicio médico
	no tienen personal informal
	no hay una capacitación continua
Recolección	
	5.71 trabajadores por cada 10,000 habitantes
	Salario de trabajadores 200.9% por arriba del salario mínimo
	Cuentan con prestaciones
	no hay una capacitación continua
	no tienen personal informal
Disposición final	
	No cuentan con el servicio de disposición final por parte del municipio

3.1.1.3 Indicadores Económicos

En la parte económica, el MIRSU de Metepec cuenta con un presupuesto para la gestión de residuos, sin embargo, es bajo comparado el presupuesto municipal, por lo que el costo por tonelada, así como de otros gastos indispensables están por debajo de lo ideal, esto debido en parte a que no existe un cobro por el servicio en los hogares, así como de otros factores. Esta falta de recursos provoca que no exista un presupuesto para proyectos de (I+D+i) investigación, desarrollo e innovación. Por otra parte, el costo por toneladas en disposición final es adecuado. Ver tabla 3.3.

Tabla 3.3 Indicadores Económicos en el MIRSU de Metepec

	Presupuesto para la gestión de residuos
	5.99% del presupuesto de aseo respecto al presupuesto municipal
	Existencia de tarifas específicas de cobro (hogares)
	\$605.79 costo por tonelada, ideal (\$1,700 a \$3,800)
	Costo total per cápita es de \$13.00 por habitante al mes
	Presupuesto en proyectos de (I+D+i) investigación, desarrollo e innovación en gestión de residuos

	Recuperación de costos del organizador del servicio
	Gasto per cápita en educación ambiental y concienciación
	Tarifa promedio por tonelada
	Costo de los diferentes componentes= Gastos totales del componente/ total de toneladas recolectadas. integrar gastos corrientes (mantenimiento, administración, salarios, operación,) y de financiación (equipamiento o infraestructura, pago de préstamos o impuestos, , amortizaciones financieras o retorno de inversión).
	Costo total per cápita= Gastos totales del componente al año/Población atendida por el servicio de recolección.
Barrido	
	Costo de barrido \$129.64 por kilometro
	\$0.47 Costo barrido por metro cuadrado
	Tarifa promedio de limpieza varia (km)
Recolección	
	\$154.41 Costo de recolección y transporte por tonelada (Personal y Combustible)
	\$242.76 Costo de recolección y transporte por tonelada (PA)
Disposición Final	
	\$213.40 Costo por tonelada en Sitio de Disposición Final

3.1.1.4 Indicadores de Medio Ambiente

En la parte ambiental, en el MIRSU de Metepec anteriormente existía un sitio no controlado llamado socavón, el cual fue parcialmente rehabilitado y clausurado, por lo que la afectación del suelo y agua quedo parcialmente en revisión. Con la actual administración se ha mejorado los aspectos relacionados con el impacto visual, de ruidos y olores. Sin embargo, aún falta una planificación adecuada para bajar la intensidad de consumo energético, poder bajar las emisiones de gases de efecto invernadero, disminuir los lixiviados que se generan en los residuos, a través de una gestión diferenciada. Ver tabla 3.4.

Tabla 3.4 Indicadores de Medio Ambiente en el MIRSU de Metepec

	Gestión de sitios contaminados
	Intensidad de consumo energético
	Intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero
	Uso del suelo
	Uso del agua
	Intensidad de agua residuos y/o lixiviado generado
	Gestión de agua residual y/o lixiviado
	Aspectos afines con impacto visual
	Contaminación de suelo
	Contaminación por ruido
	Contaminación por olores
	Intensidad de energía generada en valorización

3.1.1.5 Aspectos técnicos y de salud pública

En los aspectos técnicos y de salud pública en el MIRSU de Metepec hay mucho por mejorar, ya que no existe un sistema de monitoreo, no son valorizados los residuos y la tasa de recuperación de materiales en valoración es nula, entre otros aspectos. Ver tabla 3.5.

Tabla 3.5 Indicadores técnicos y de salud pública en el MIRSU de Metepec

	Sistema de monitoreo continuo
	Residuos valorizados
	Tasa de recuperación de materiales valorizados
	Contenido de valoración
	Residuos peligrosos generados después de valoración
	Residuos sin tratamiento previo eliminados en relleno sanitario
	Residuos eliminados respecto al total generado
	Residuos eliminados en relleno sanitario respecto al total de residuos eliminados

3.1.1.6 Análisis FODA

De acuerdo con la tabla 3.6, en dicho análisis el servicio del área de limpia en Metepec ha tenido buen manejo de RSU tanto en la administración anterior y como en la actual, ya que la mayor parte de los habitantes tienen el servicio, debido a que cuentan con un presupuesto anual definido para RSU, lo que les permite hacer una planeación para su manejo, tanto en las áreas de trabajo, de personal, las rutas, el nuevo transporte, el combustible.

Actualmente han aumentado su cobertura en ruteo, incorporando al sector privado para obtener mejores resultados para ello están rentando camiones compactadores para mejorar este servicio. En contra parte, no hay una planeación para realizar la separación de residuos desde la colecta, lo que ha generado indiferencia en la población para poder separar y reciclar sus residuos, además los trabajadores del servicio de colecta de RSU del municipio no cuentan con una orden para poder separar los residuos, esto ha conllevado a que los trabajadores segreguen de manera oculta. Además, que hay poca cobertura para poder trabajar el proyecto en conjunto con el equipo de servicios públicos. Sin embargo, la presión de la gente por separar los residuos desde la fuente ha permitido que consideren la propuesta de manera necesaria, en contraparte, consideran que la mejor alternativa para manejar los residuos es a través de las nuevas tecnologías, tal es el caso

de ladrillos o concretos hechos a base de residuos. Lo que es eminente verificar que esa tecnología sea la adecuada.

Cabe mencionar que no cuentan con un reglamento y programa de MIRSU, pero el departamento de medio ambiente, quienes actualmente han apoyado a este proyecto de manera constante, está en proceso de generar sus propias normatividades.

En la parte externa existen oportunidades de mejora, donde si el departamento de limpia se apropia de sus residuos, estos pueden ser una fuente de nuevos ingresos, empleos, PYMEX de reciclaje, y reducir el envío de estos RSU a los RESAs o los tiraderos a cielo abierto, lo que conllevaría a un ahorro significativo en sus costos e inclusive tener ingresos propios.

En contra parte, se puede observar una contaminación progresiva en el Valle de Toluca, ya que no hay una planeación intermunicipal para contrarrestar enfermedades en la población que están cerca de tiraderos a cielo abierto y que realizan pepena sin control.

Además, que cerca de estos tiraderos y rellenos se están construyendo nuevos fraccionamientos residenciales, por lo que se observa la poca visión que conlleva el no poner un orden al problema eminente que conlleva el no manejar sus residuos de manera planificada.

Por otra parte, a nivel nacional no existe una integración en la cadena de comercialización de los residuos valorizables, ya que no se cuenta con un listado de comercios formales en esta área. Además de que no se han regulado los precios de estos residuos a nivel federal, lo que permite verificar la importancia de este estudio a fin de tomar decisiones que permitan dar pauta a una economía circular eficiente, donde el beneficio será para todas las personas involucradas a este negocio de residuos que se ha generado de manera irregular, e inclusive no hay iniciativas para realizar el composteo de los residuos orgánicos de manera regulada

Tabla 3.6 Análisis FODA del manejo de RSU en Metepec

FORTALEZAS		DEBILIDADES	
2015-2018	2019-2021	2015-2018	2019-2021
1	La mayor parte de los habitantes cuentan con el servicio	1	No hay planeación de separación desde la colecta municipal, población indiferente.
2	Cuentan con un presupuesto anual para RSU	2	No todos los pueblos que integran Metepec cuentan con el servicio
3	Se les proporciono estudios de caracterización e indicadores.	3	No cuentan con reglamento de limpia municipal, programas y leyes para MIRSU
4	Contaban con 20 vehículos operados y 5 en reparación	4	No cuenta con un Plan Marco (Nacional, Estatal, Municipal)
5		5	Solo cuentan con barrido manual en la cabecera
6		6	No cuentan con barrido mecánico
7	Tienen 69 rutas de recolección	7	No cuentan con Tratamiento
8	2 turnos de recolección / 7 veces a la semana/8hrs	8	No cuentan con centro de Trasferencia
9	166 empleados en el área de limpia formales con prestaciones, seguro, aguinaldo, vacaciones, sindicato.	9	Salario de \$4,500-\$8,000 trabajadores (búsqueda de más recursos)
10	Tipo de recolección (entrega a camiones por generadores)	10	No cuentan con un centro de acopio propio para poder negociar con empresas recicladoras.
11	20 choferes	11	Poca escolaridad y capacitación a sus empleados
12	Interés en el cambio por parte del departamento del área de limpia.	12	Ambigüedad en la lista de recolección de RSU
13	Interés y apoyo por parte del departamento de medio ambiente para realizar proyectos alternativos.	13	Colecta de camiones por debajo del % de su capacidad
14		14	Poca apertura del equipo de Servicios Públicos
	Instalaciones limpias y limpieza en terrenos clandestinos.		
OPORTUNIDADES		AMENAZAS	
1	Invitar a las PIMEX recicladoras a comprarles o venderles RSU.	1	Cambio de gobierno cada 3 años (Interés por el tema)
2	Búsqueda de nuevo mercado de los subproductos de los RSU.	2	Rellenos Sanitarios a poco límite de sus capacidades
3	Invitar a organismos internacionales a participar en actividades en conjunto.	3	Contaminación ambiental progresiva
4	Minimizar el envío de RSU a los Rellenos Sanitarios	4	Enfermedades en la población que están cerca de tiraderos a cielo abierto. Comunidades cercanas a Metepec.
5	Si se reciclará desde origen ya no será necesario enviar tantas toneladas a los RESA	5	El RESA de la ISLA no proporciona información
6	Población interesada en el tema del reciclaje	6	Verificar la viabilidad de proyectos tecnológicos para manejar RSU.

3.1.1.7 Aplicación de cuestionarios a la población seleccionada

De acuerdo con los cuestionarios realizados a la población de los 3 estratos: Paseo de la Asunción para estrato alto, Residencial Foresta para estrato medio, Fraccionamiento las Marinas para estrato bajo y la cabecera del municipio de Metepec, se hizo la captura de los 400 cuestionarios.

3.1.1.8 Análisis Global

De manera general, se puede apreciar en la tabla 3.7 la opinión de la población por estrato y la cabecera.

Tabla 3.7 Opinión pública del municipio de Metepec

	CABECERA	BAJO	MEDIO	ALTO
¿Qué hace con RSU?	Vende	Mezcla	Dona y mezcla	Dona y separa
¿Quién es responsable?	Ayuntamiento	Ciudadanos	Ambos	Ayuntamiento
¿Dispuesto a pagar?	Nada	\$5-\$10	+\$20	\$15-\$20
¿Qué cambiar?	Personal y camiones	Tipo de recolección	Camiones	Tipo de recolección
¿Por qué no separa?	Falta de información	El recolector lo junta	Falta de contenedores	Falta de tiempo
¿A quién le entrega sus RSU?	Ayuntamiento	Otro	Particular	Ayuntamiento
¿Cuánto coopera con propina?	\$5-\$10	\$10-\$15	+\$20	+\$20
¿Se capacitaría?	Si, 75 (%)	Si, 47 (%)	Si, 83 (%)	Si (45%)
¿Participaría en un Comité?	Si, 48 (%)	Si, 36 (%)	Si, 63 (%)	Si (31%)
¿Cuántas personas viven en su hogar?	1-15p.	1-6p.	1-6p.	
¿Recomienda uso de botes de basura en lugares públicos?	Si	No	No sabe	Si
¿Cómo considera el servicio?	Regular	Regular	Bueno	Bueno

Donde las personas que cooperan del total de la población se encuentran desglosados de la siguiente manera, ver tabla 3.8

Tabla 3.8 Porcentaje del total de la población que coopera con una propina

Cantidad con la que coopera	\$5-\$10	\$10-\$15	\$15-\$20	Más de \$20
Porcentaje de la población	40.2(%)	11.5(%)	6.5(%)	6.8 (%)

También sugieren hacer cambio al personal y los camiones del área de limpia, además consideran que es importante contar con más botes de basura en lugares públicos.

Algunas de las razones por las cuales las personas no separan la basura se muestran en la siguiente tabla 3.9, donde cabe resaltar que la mayor parte de la población no contestó lo que demuestra que no hay conciencia ciudadana

Tabla 3.9 Porcentaje del total de la población que no separa los residuos

Por qué no separa los residuos	Falta de tiempo	de El recolector los junta	Falta de información	de Falta de contenedores	de Falta de interés	de No contestó
Población	12.6 (%)	8.1 (%)	5 (%)	4.4 (%)	4.2 (%)	65.5 (%)

Cabe resaltar que se observa que el 71% de la población está dispuesta a capacitarse y al 51% le gustaría entrar a un comité para el manejo de RSU, siendo el estrato medio quien muestra un interés mayor, seguido de la cabecera.

El 28% de los encuestados contestó que en su hogar viven 4 personas y en segundo lugar con el 20% contestó que viven 3 personas, también se debe tener en cuenta que en la cabecera pueden vivir hasta 3 familias, por lo que su generación de RSU es mayor.

3.1.1.9 Generación y composición de los RSU

Se realizó la colecta de RSU durante el mes de noviembre del 2018 de lunes a domingo con un horario de 9:00-11:00 am, en los 4 estratos, mostrando en la tabla 3.10 la cantidad de RSU recolectados.

Tabla 3.10 Residuos recolectados de RSU en Metepec.

	Alto (kg)	Medio (kg)	Bajo (kg)	Cabecera (kg)
lunes	162	85.5	100.7	103
martes	282	91.6	113.5	106.5
Miércoles	213.25	100.8	103	100
Jueves	140.5	91.3	109.5	103.5
Viernes	175.5	108.4	132.5	118
Sábado	218.5	134	147.5	133.5
Domingo	242.5	117	107	129
Total	1,434.25	728.6	813.7	793.5

Se encontró que la generación per cápita del estrato Alto fue la mayor con 1.67 kg/hab-d y el estrato Bajo el de menor con 1.01 kg/hab-d, ver tabla 3.11. El promedio del peso volumétrico por semana que se obtuvo fue de 712.7 kg/m³, lo que indicó que se necesitaría vehículos de transporte de mayor capacidad para el manejo de los RSU.

Tabla 3.11 Peso volumétrico y generación por estrato socioeconómico y cabecera

Estrato	Peso Volumétrico (kg/m ³)	Generación (kg/hab-d)
Alto	784	1.73
Medio	664.8	0.96
Bajo	701.9	0.87
Cabecera	700	0.74
Promedio	712.7	1.075

De la composición de los residuos en casa-habitación se observó que el de los residuos alimenticios fueron los de mayor porcentaje en los tres estratos siendo la cabecera con un 38.6% (figura 3.1). Señalando que el porcentaje de residuos de cartón, electrónicos, higiénico, plástico de película y plástico rígido resultó mayor en la cabecera. Mientras que el porcentaje de residuos de madera, pañal desechable, trapo y vidrio transparente resultó mayor en el estrato Bajo. Además, que se pudo observar una mayor proporción en los residuos de cartón, higiénicos, plástico rígido y residuos de jardinería en el estrato Medio. Así como, el estrato Alto que se observó una interesante generación de residuos de jardinería, cartón, papel, trapo, vidrio de color. Por otra parte, en la figura 3.1 se muestra los resultados en forma gráfica de los residuos agrupados por tipo un estudio general de la situación del porcentaje del promedio de subproductos, con la finalidad de englobar los resultados.

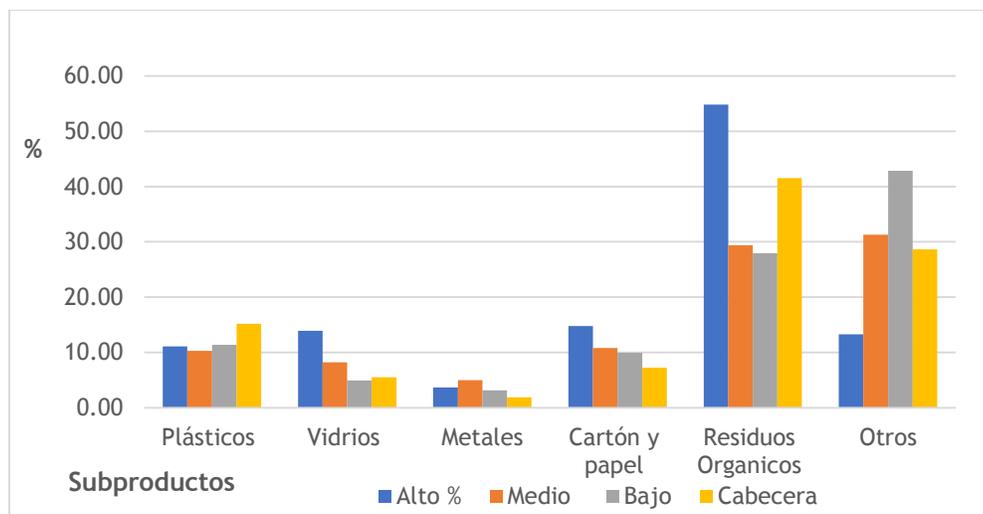


Figura 3.1 Porcentaje promedio de subproducto

En la figura 3.2 se puede visualizar de forma general que cada estrato tiene sus diferentes problemáticas de generación de RSU, en el caso de los residuos orgánicos el estrato alto sobresale

con un 54.82% de su generación total ya que una gran parte proviene de residuos de jardinería, seguido de la cabecera con un 41.5%, el estrato medio y bajo con un promedio de 28.67%.

En el caso de los residuos de plásticos sobresalen la cabecera con un 15.19 % de su generación total ya que es una zona comercial y un promedio en los 3 estratos de 11%, a cambio de los otros estratos los entregan sin fines de lucro, sin embargo, el plástico rígido es el que sobresale en los 4 estratos (ver figura 3.2).

Para los residuos de cartón y papel el estrato alto tiene un 14.8% de su generación total, seguidos del estrato medio quienes no separan con fines de lucro (ver figura 3.2).

Para el caso de los metales, el estrato medio es el que más genera con un 5% del total generado, seguido del estrato alto con un 3.69%, para la cabecera y el estrato bajo estos residuos se venden sobre todo por los segregadores en el estrato bajo (ver figura 3.2).

En el caso de los vidrios podemos destacar que el estrato alto es quien más problemas tiene con este residuo con un 14% del total generado, seguido del estrato medio con un 8.21%, las otras 2 categorías con un 5.2% (ver figura 3.2).

Por lo que se observa en general que los residuos orgánicos son los que predominan en todos los estratos debido al peso por su naturaleza, seguido de otros residuos que no pueden ser reciclados y con menor cantidad residuos de pueden ser reciclados.

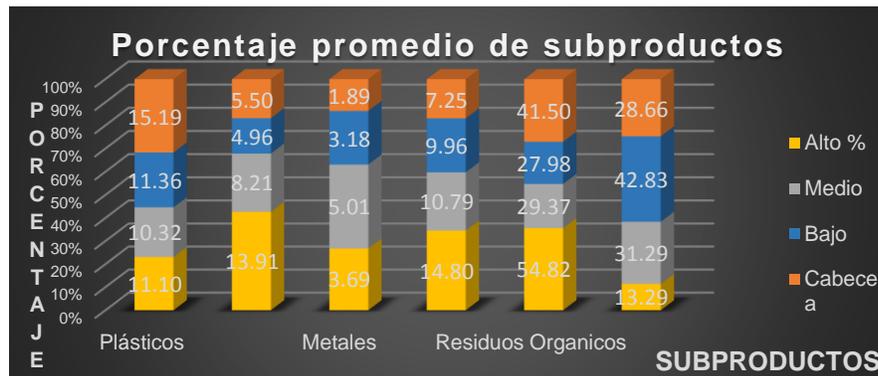


Figura 3.2 Porcentaje promedio de subproductos

De la caracterización de los residuos en casa-habitación se estudiaron a detalle 32 subproductos con el fin de detectar los residuos más persistentes en la población.

En la tabla 3.12 se puede apreciar el porcentaje de la media obtenida de toda la semana por estrato. Observando que los residuos alimenticios fueron los de mayor porcentaje en las 4 categorías, siendo la cabecera con el mayor porcentaje con un 38.6%.

Tabla 3.12 Caracterización de RSU por estrato y Cabecera Metepec

SUBPRODUCTOS		Alto	Medio	Bajo	Cabecera
		%	%	%	%
1	Algodón	0.00	0.05	0.01	0.11
2	Cartón	10.35	5.65	5.69	2.37
3	Cuero	0.07	0.74	0.64	0.00
4	Electrónicos	1.04	1.12	1.19	3.66
5	Envase en cartón encerado	1.35	3.33	1.60	1.51
6	Fibra dura vegetal (esclerenquima)	0.31	0.03	0.00	0.00
7	Fibras sintéticas	0.01	0.03	0.03	0.41
8	Higiénico	2.43	9.47	8.62	6.81
9	Hueso	0.02	1.24	0.61	2.00
10	Hule	0.00	0.18	0.04	0.00
11	Lata	2.96	3.14	1.89	0.18
12	Loza y cerámica	0.51	0.39	2.40	2.05
13	Madera	0.43	0.09	7.04	0.18
14	Material de construcción	0.00	0.00	0.00	0.07
15	Material ferroso	0.62	1.40	1.01	1.34
16	Material no-ferroso	0.11	0.47	0.29	0.37
17	Medicamentos	0.26	0.08	0.16	0.14
18	Otros	2.46	10.90	6.86	7.31
19	Pañal desechable	0.98	4.17	6.57	3.44
20	Papel	3.09	1.82	2.67	3.38
21	PET	3.79	3.28	1.82	1.75
22	Plástico de película	2.36	2.84	4.23	8.16
23	Plástico rígido	4.95	4.02	5.27	5.28
24	Poliestireno expandido	0.12	0.11	0.22	0.17
25	Poliuretano	0.46	0.76	1.83	0.43
26	Residuo fino que pase la criba M 200	0.37	0.84	1.35	2.03
27	Residuos Alimenticios	25.50	23.51	16.17	38.60
28	Residuos de jardinería	29.30	4.61	11.20	0.90
29	Trapo	3.85	2.49	5.93	1.84
30	Vidrio de color	7.64	2.50	0.99	0.85
31	Vidrio transparente	6.27	5.71	3.97	4.65

Para dicho estudio, en la tabla 3.13 se muestra los 11 subproductos más representativos en el estudio, sobresaliendo los residuos alimenticios en las 4 categorías.

Tabla 3.13 Los subproductos más destacados del estudio

SUBPRODUCTOS	CABECERA	BAJO	MEDIO	ALTO
Residuos alimenticios	39%	20%	23%	26%
Residuos de jardinería			12%	29%
Higiénicos	7%	9%	10%	
Pañales	7%	4%		
Pet			3.5%	4%
Cartón		6%	6%	11%
Plástico rígido	5%	5.5%	4%	5%
Plástico de película	9%	5%	3%	3%
Lata		2%	3.5%	3%
Vidrio transparente y color	5%	4%	6%-3%	7%-8%
Papel	3.5%	3%	2%	3%

Los residuos de jardinería en el estrato medio y alto, los higiénicos en la cabecera, bajo y medio. Los pañales en la cabecera y en el estrato bajo. El PET en el estrato medio y alto ya que no hay segregación desde la fuente o por segregadores. El cartón en el estrato alto seguido por el estrato medio y bajo. El plástico rígido sobresale en las 4 categorías ya que no se ha informado de su valor comercial. El plástico de película destaca en las 4 categorías, aunque con mayor presencia en la cabecera por ser zona comercial. La lata sobresale en los 3 estratos y en la cabecera no figura por su valor comercial. El vidrio sobre sale en las 4 categorías, aunque el vidrio de color destaca en el estrato alto por el consumo de bebidas alcohólicas de alto costo.

De acuerdo con los 11 subproductos más generados, que en su mayoría son residuos orgánicos y residuos reciclables, se proponen las siguientes estrategias de manejo, ver tabla 3.14

Tabla 3.14 Propuesta de manejo de los 11 subproductos más representativos

	Composta u otro	Educación	Venta	Bolsas de tela
Residuo Alimenticio	X	X		
Residuo Jardinería	X	X		
Higiénico		X		
Pañales		X		
PET		X	X	
Cartón		X	X	
Plástico Rígido		X	X	
Plástico de película		X		X
Lata		X	X	
Papel		X	X	

3.1.2 FASE 2. APLICACIÓN DE MODELO EN METEPEC

En los meses de marzo a junio del 2019, se realizó la segunda fase del proyecto con la prueba piloto en el fraccionamiento Foresta, teniendo el apoyo de los siguientes recursos, ver tabla 3.15:

Tabla 3.15 Recursos para la aplicación del modelo

Recursos	Cantidad
Población objetivo	5,768 habitantes (57%)
Participación	344 hogares (35 privadas, 50 casas y 2 edificios).
Alumnos de servicio social del ITT del Programa Ambiental Institucional PAI	70 alumnos
Profesores del ITT	5 maestros
Vehículo	1 camioneta adaptada
Días de capacitación	4 sábados (8horas)
Evento cultural	1, con 8 proveedores de tecnologías sustentables
Donación de tambos de basura de 200 litros	95 tambos
Rotulación de cuartos de residuos	28 privadas

3.1.2.1 Capacitación

Se capacitaron previamente a 70 estudiantes del ITT y 5 líderes de Foresta, para impartir platicas de educación ambiental sobre el tema de separación y reciclaje de residuos, (figura 3.3).



Figura 3.3 Capacitación alumnos del ITT

Se capacitaron a 344 hogares repartidos en 35 privadas, 50 casas y 2 edificios con apoyo de 70 estudiantes del ITT (ver figura 3.4).



Figura 3.4 Capacitación en Foresta

Se realizó un cierre de campaña de reciclaje en el fraccionamiento, con la participación del director de medio ambiente y servicios públicos, estudiantes del ITT, 8 proveedores de tecnologías sustentables y habitantes del fraccionamiento.



Figura 3.5 Campaña de reciclaje en Foresta 27 de abril 2019

3.1.2.2 Adaptación de cuartos de residuos

Se les apoyó en la adaptación de sus cuartos de residuos a fin de facilitarles el proceso de separación donándoles 95 tambos de 200 litros por medio del Programa Ambiental Institucional PAI del Instituto Tecnológico de Toluca, desde el mes de febrero hasta el mes de mayo, posteriormente se les rotulo a 28 privadas sus paredes con los siguientes conceptos: orgánico, no reciclables, Pet, plástico rígido, cartón, lata y vidrio (ver figura 3.6). Para los paseos, donde se encuentran casas abiertas se les consiguió un contenedor para que los residentes lleven sus residuos.



Figura 3.6 Adaptación cuartos de residuos

3.1.2.3 Resultados de colecta y venta de residuos

De acuerdo con la experiencia del fraccionamiento Foresta, se pudo verificar que del total de número de casas (1,446 casas) el 16% están desocupada sin residentes, por lo que 1,243 casas

son realmente la población total del fraccionamiento, además que el 40% de la población sale de sus casas, siendo así, solo 746 hogares permanecen constantemente en sus residencias, de las cuales solo 344 participaron en la prueba modelo. Cabe señalar que poco a poco se fueron integrando más hogares, aunque no recibieron la capacitación. De estas 344 casas, el 62% de la población participo en el mes de mayo, porcentaje aceptable para confirmar que la población está dispuesta a apoyar. Los residuos que se valorizaron fueron el cartón con un 52%, seguido del vidrio con un 16%, Pet con un 11%, Plástico rígido con un 9%, fierro con un 7%, papel y libro 4% y por último la lata con un 4%. Ver figura 3.7



Figura 3.7 Residuos valorizables en Foresta, mayo 2019

De las 344 casas participantes, se espera una venta de \$7,210.13 de 3,468.38 kilogramos de residuos, si participará el 100% de la población (ver tabla 3.16)

Tabla 3.16 Residuos valorizables para caso modelo (\$/kg)

ESTRATO MEDIO CASO MODELO								
RSU Valorizables	Casas participantes							
	100%	diario /kg	semanal/ ton	mensual/ ton	costo menudeo		costo mayoreo	
PET	3.28	12.30	86.10	369.00	4.00	1,476.00	6.00	2,214.00
Cartón	5.67	21.26	148.84	637.88	1.00	637.88	2.00	1,275.75
Vidrio	8.2	30.75	215.25	922.50	0.30	276.75	0.50	461.25
Ferroso	3.14	11.78	82.43	353.25	2.50	883.13	4.00	1,413.00
Lata	1.4	5.25	36.75	157.50	16.00	2,520.00	20.00	3,150.00
HDPE	4.02	15.08	105.53	452.25	2.00	904.50	4.00	1,809.00
Tetrapak	3.3	12.38	86.63	371.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Papel	1.82	6.83	47.78	204.75	2.50	511.88	5.00	1,023.75
		116	809.29	3,468.38				
				Ingreso mensual	\$	7,210.13	\$	11,346.75
				Ingreso anual	\$	86,521.50	\$	136,161.00
Ahorro RESA		diario /ton	semanal/ ton	mensual/ ton		anual/ ton		
		0.12	0.81	3.47		41.62		
		\$29	\$202	\$867		\$10,405		

Sin embargo, revisando la tabla 3.17 podemos constatar que solo el 57% participo obteniendo un ingreso de \$ 4,118.45 de 2,294 kilogramos de residuos en el mes de mayo. Se puede observar que el cartón fue el único que sobrepasó de 1 tonelada en este mes, los demás residuos son de menor cantidad. Cabe mencionar que los precios de venta fluctúan día con día por lo que dichos precios fueron los que en promedio se sostuvieron en dicho mes, solo los residuos de plástico rígido tuvieron un incremento de \$2.00 a \$3.00 en este mes. El papel variaba el precio dependiendo el color del papel y la separación de este. Los demás residuos permanecieron constantes en precios.

Tabla 3.17 Colecta y venta de residuos valorizables, mes de mayo 2019, Foresta

Residuos reciclables	kg	precio	\$/kg
PET	258	\$ 5.00	\$ 1,290.00
Cartón	1185	\$ 1.00	\$ 1,185.00
Plástico rígido	211	\$ 2.00	\$ 422.00
Fierro	164.5	\$ 2.50	\$ 411.25
Lata	31.45	\$ 16.00	\$ 503.20
Papel y libro	79	\$ 2.50	\$ 197.50
vidrio	365	\$ 0.30	\$ 109.50
			\$ 4,118.45
	2,294		

De acuerdo con los egresos, se tuvo un gasto de preparativos, ver tabla 3.18 siguientes:

Tabla 3.18 Gastos preparativos y operativos

Gastos operativos					
1	Copias de trípticos	\$ 650.00	Gastos operativos	Gasolina	\$1,200
3	Pinturas aerosol	\$ 348.00	2	Salarios	\$2,400
4	Moldes	\$ 400.00		TOTAL	\$3,600
5	Aguas y botanas	\$ 700.00			
6	Adaptación de la camioneta	\$ 900.00			
	TOTAL	\$ 3,598.00			

El departamento de medio ambiente, apoyo de manera constante el proyecto modelo, por lo que no se tuvo gastos reales, los cuales se reducirían si la colecta fuera en solo 2 veces por semana. Es necesario contar con el total de participantes para ser rentable el modelo y tener ingresos de al menos de \$ 6.614.09 contra \$3,600 de egresos. Teniendo en cuenta que esta suma es de solo

el 62% de la población de 344 casas, por lo que, si fuera el doble de participación, los ingresos aumentarían. Todo está en el convencimiento para que las personas reciclen y vendan sus residuos.

3.1.2.4 Proyecciones en los demás estratos

En la tabla 3.19, se puede ver que el porcentaje de Residuos Reciclables (RR) totales del estudio, en su mayoría son vidrio, plástico rígido, papel y cartón. De estos 8 residuos de los 3 estratos y la cabecera representan 47 toneladas mensuales y 568 toneladas anuales, las cuales si se recolectaran se podrían ahorrar \$121,174.00 anuales, además que podrían generar un ingreso de \$197,845.00 mensuales y \$2,374,141.00 anuales al mayoreo. Solo de estudio, pensando que la población acepte este cambio como el caso Modelo con un 57%, esto representaría un ingreso anual de \$1,353,260.37. Cabe mencionar que para llegar a estos números el municipio deberá invertir en campañas de educación y en la logística de acopio diferenciado.

Tabla 3.19 Peso y venta de residuos valorizables totales

ESTRATOS No. Casas RSU Valorizables	BAJO	MEDIO	ALTO	CABECERA	TOTALES		
	721	729	263	5099	6,812		%
					Mensuales	Anuales	
PET	394	717	299	2,677	4,087	49,044	8.64
Cartón	1,231	1,240	187	3,625	6,283	75,398	13.28
Vidrio	1,073	1,793	850	8,413	12,129	145,551	25.63
Ferroso	640	687	234	275	1,836	22,030	3.88
Lata	218	306	49	2,050	2,623	31,480	5.54
HDPE	1,140	879	391	8,077	10,486	125,837	22.16
Tetrapak	346	722	107	2,310	3,484	41,810	7.36
Papel	578	398	244	5,170	6,390	76,677	13.50
kg/residuos valorizables	5,619	6,743	2,359	32,598	47,319	567,828	100.00
Ingreso mensual menudeo	\$20,683.90	\$14,738.19	\$5,233.00	\$81,731.87	\$122,386.97		
mayoreo	\$33,716.84	\$23,501.50	\$8,231.24	\$132,395.54	\$197,845.12		
Ingreso anual menudeo	\$248,206.85	\$176,858.32	\$62,796.04	\$980,782.45	\$1,468,643.65		
mayoreo	\$404,602.13	\$282,018.02	\$98,774.91	\$1,588,746.42	\$2,374,141.48		
TOTAL							
ton/anuales	67.43	80.91	28.31	391.17	567.83		
Ahorro RESA (RR)/anual	\$14,390.35	\$17,266.25	\$6,041.21	\$83,476.72	\$121,174.53		

3.1.3 FASE 3. RETORNO SOCIAL DE LA INVERSIÓN (SROI-METEPEC)

3.1.3.1 Fase 1. Alcance y grupos de interés

Se seleccionaron los principales actores, que se proponen involucrar en la prospección para tener una buena GIRSU y que pueden representar los siguientes cambios en el sistema, ver tabla 3.20:

Tabla 3.20 Grupos de interés y cambios en el sistema para la gestión de RSU

Retorno Social de la Inversión (SROI). Mapa de Impacto					
Organización	Cabecera Municipal de Metepec 2020 (enero-diciembre)				
Objetivos	Prospección del programa de manejo de sus RSU, 2020				
Etapa 1	Etapa 2				
Stakeholders	Cambios contemplados / no contemplados	Inputs		Outputs	Los Outcomes
		Descripción	Valor \$		Descripción
¿Sobre quién tenemos efecto? ¿Quién tiene efecto sobre nosotros?	¿Qué cree usted que cambiará para estos?	¿Qué invierten estos?		Resumen de la actividad en cifras	¿Cómo describiría el cambio?
Residentes de Metepec (jefe /jefa del hogar)	Los residentes separan los residuos reciclables por puntos	1,423 costales	\$128,616.00	5,359 hogares (10%) adquieren el hábito de separar	El pago por los reciclables son un incentivo
	Los residentes sacan su basura en cuanto toca la campana.	Tiempo, bolsas	\$7,716,960.00	50% de la población separa sus residuos	La mitad de la población separa correctamente
	Los residentes pagan las multas por mal manejo de RSU	Pago de multas	\$120,000.00	150 multas de \$800	La población reconoce su mal manejo en RSU
	Los residentes denuncian a quienes incumplen con las reglas de limpieza.	Tiempo	\$321,480.00	El 5% de la población es el observador para cumplir la ley	La población comunica al ayuntamiento para que se respete las leyes locales
Comercios (pequeños, mediano y grandes)	Los comercios Pymes pagan para que les recolecten su RSU	Pago por el servicio	\$22,080,000.00	El 30% de los comercios pymes (6,134) afiliados al servicio de limpia municipal, (CANACO 2018)	Pago al ayuntamiento por colecta por residuos comerciales de (PYMES)
	Los comercios grandes pagan por recolectar su basura (personalizados)	Pago por el servicio de recolección de RSU al ayuntamiento	\$540,000.00	El 30% de los comercios personalizados (52) afiliados al servicio de limpia municipal	Pago por colecta por residuos comerciales de gran escala
	Los comercios pagan multas por incumplir las leyes	Pago de multas al municipio	\$20,000.00	10 multas	Los comercios respetan las leyes de limpia pública
	Los trabajadores reciben capacitación	tiempo, espacio	\$67,500.00	300 capacitaciones a comercios pymes y 15 comercios grandes	Los trabajadores de comercios se capacitan en el manejo de RSU

	Los comercios donan y venden sus Residuos Reciclados (RR)	tiempo, \$	\$1,890,000.00	300 comercios pymes, 15 plazas y comercios grandes preparan los RR	Los comercios se involucran, donando y vendiendo sus RR.
2 tianguis y 1 Mercado municipal	El tianguis municipal separa los residuos en orgánico e inorgánico	bolsas negras, botes	\$67,200.00	2 tianguis con 70 negocios y 1 mercado de artesanías	Los tianguis y el mercado entregan sus RSU
	Los tianguistas están capacitados para el manejo de los RSU	salario pagado por el mercado municipal	\$28,000.00	140 tianguistas reciben capacitación (trimestral)	Los empleados de los mercados se capacitan
19 Iglesias	Las iglesias entregan su RSU separados 2 veces por semana (mañana)	Tiempo, bolsas, personal de limpieza	\$18,240.00	19 iglesias entregan sus RSU al municipio	El personal de limpieza de las iglesias separa sus RSU.
Autoridad Local	Los trabajadores del departamento de limpia se organizan de manera diferenciada	empleados (60% del presupuesto)	\$ 12,420,000.00	15 barrenderos, 189 recolectores, 3 empleados de confianza, supervisores,	La administración de recursos humanos es funcional para Manejar sus RSU de manera efectiva
	Se mantiene el modelo para manejar los RSU, en 27 rutas de recolección (Infraestructura)	equipo, gasolina, transporte, mantenimiento, oficina, (25-30% del presupuesto)	\$ 26,100,000.00	Recolección 3 veces por semana (2 días inorgánicos y 1 día orgánicos) los 365 días del año	El departamento de limpia pública maximiza sus recursos económicos para tener un mejor manejo de RSU.
	Ingresos por cobro de multas a la población (5-6 multas/semana), lotes y terrenos con basura	2 empleos de confianza		2 personas inspeccionan terrenos baldíos	La autoridad hace respetar las leyes de limpia local
	El municipio envía el 66% de sus RSU al Relleno Sanitario de San Antonio la Isla	Costo de traslado	\$434,304.00	24,432 ton/a	La autoridad disminuye sus envíos al RESA
	Incorporación de una industria para fabricación de Diesel a partir de residuos plásticos.	Autorización, contrato		La autoridad permite lo usa para sus unidades móviles.	La autoridad ahorra un 6% de envío de su Residuos plásticos.
	Eficiencia en el manejo de los RSU mediante el Centro de valorización. (inversión)	\$, Terreno (2 ha), insumos, equipo (5-10%)	\$ 4,000,000.00	1 centro de valorización que requiere seguimiento y supervisión.	Separación, Distribución y Comercialización de los RSU
	El departamento de medio ambiente procesa los residuos orgánicos para hacer composta	Renta de 1 tractor	\$ 144,000.00	27,766 ton/a (Recibe 210 toneladas de RSU al mes y composteo 100 ton al mes) (10%)	Se compostea los RSO para darle un proceso biológico y se aumenta los abonos orgánicos
		renta de 1 camión de volteo (10-11 ton)	\$ 40,000.00		
		5 empleados, 1 ingeniero agrónomo	\$ 145,000.00		
	Monitoreo de recurso humano de limpieza municipal	Salario	\$480,000.00	4 supervisores para el área de limpia	Administrar la recolección a los trabajadores y mantener la ciudad limpia mediante supervisión
Empleados de barrido	Salario	\$3,360,000.00	50 barredores		

Empresa Privada	empleados de confianza	\$ 180,000.00	1 persona responsable para capacitar el programa HOB		
	La Empresa emite puntos intercambiables y/o \$ por reciclar los residuos a la población, los comercios y las escuelas (PET, HDPE, vidrio, cartón, papel, Tetrapak)	empleados de campo	\$ 300,000.00	5 empleados de campo	
		Gasolina	\$ 322,560.00	\$1,120 pesos gastados de gasolina diario de los 2 turnos	El programa HOB se formaliza.
		Puntos y/o \$ al Pago de RR	\$ 2,691,800.00	Colecta domiciliaria a 5,359 hogares, 300 comercios (Pymes) y 15 comercios grandes (10% de la población).	
				Pagos por reciclar (3,440 casas y 300 comercios) 10% mde los comercios reciben puntos y/o \$	
	La Empresa recolecta Residuos de Manejo Especial RME	Tiempo, empleados, camioneta, gasolina	\$ 26,880.00	\$1,120 pesos gastados de gasolina 1 vez a la semana 1 turno (sábados), con 3 empleados	Se recolecta RME
	Los trabajadores están incentivados a reciclar a través de bonificaciones al que obtenga mayor RR	Tiempo y \$	\$ 14,400.00	300 al mes a 4 trabajadores (Pagar un extra a los trabajadores que recolecten mas RR)	Se genera nuevos empleos en la población y se les incentiva para que tengan un mejor rendimiento
	Trabajadores especializados únicamente en procesar los RSU	salarios a trabajadores para RR	\$ 180,000.00	3 empleados y 2 compactadoras	Se cuenta con maquinaria para poder afinar la separación de residuos
	Maquinaria para reciclar RR	compra de 2 compactadoras	\$ 160,000.00		
	Planta para procesar los plásticos para hacer gasolina	compra de la planta	\$ 4,500,000.00	1 planta para generar gasolina	Se cuenta con una planta para procesar plásticos para generar gasolina.
Se incrementa la población que separa los RSU, a a través de la capacitación	estudiantes de servicio social, folletos, stickers	\$ 114,000.00	18,756 hogares capacitados (35% de la población)	Educación ambiental hacia el reciclaje, casa por casa	
El departamento de Diseño y Publicidad ha trabajado con la publicidad HOB	Tiempo y \$	\$100,000.00	1 departamento de marketing y publicidad	La empresa crea un departamento de marketing	
Permiso de Sedema cada año	Permiso de gobierno	\$3,000.00	El Centro cumple con los requisitos de Sedema	El Centro de Acopio cumple con los requisitos legales para poder acopiar sus residuos reciclables.	

Centro de Acopio 1	La Empresa les vende residuos reciclables a los centros de acopio	Pago	\$ 12,857.14	los centros de acopio se regularizan	El centro de acopio 1, es una empresa que administra sus recursos para poder comprar y distribuir los residuos reciclables con la industria y es cliente del municipio de Metepec.
	Logística para recibir residuos reciclables	empleados	\$ 55,714.29	2 choferes, 2 ayudantes, 3 segregadores, 2 prensando, 2 administrativos	
		camionetas	\$ 21,428.57	3 camionetas grandes	
		empacadoras	\$ 12,857.14	2 empacadoras	
		renta de bodegas	\$ 304,285.71	2 bodegas	
		gasolina	\$ 6,171.43	1 camión para ir por los reciclables al municipio de Metepec	
		Electricidad	\$ 2,977.71		
envió de reciclables	camionetas y gasolina	\$ 3,200.00	1 camión para llevar los reciclables a la industria		
Centro de Acopio 2	logística para recibir residuos reciclables Compran residuos reciclables al ayuntamiento al ayuntamiento de Metepec	empleados	\$ 13,928.57	3 ayudantes, 1 administrativo	El centro de acopio 2, es una empresa que administra sus recursos para poder comprar y distribuir los residuos reciclables con los distribuidores medianos Los centros de acopio se regularizan
		camioneta	\$ 6,071.43	1 camioneta grande	
		renta de terreno	\$ 8,571.43	1 terreno sin techo	
		mega sacos	\$ 728.57	200 sacos al año	
		Electricidad	\$ 2,928.57		
RESA SN ANTONIO LA ISLA	Disminuirá la captación de RSU debido a que la Empresa separa y recicla	Empleados	\$ 61,875.00	En toneladas el Relleno recibe RSU de Metepec y otros municipios para compactarlos	Se está buscando la opción de enviar menos RSU al RESA
		renta del terreno,	\$ 75,000.00		
		compactadora ,	\$ 250,000.00		
		geomembranas y equipo			
		instalaciones administrativas	\$ 50,000.00		
		Gasolina			
		Permisos			
Pepenadores	Los segregadores buscan coleccionar sus residuos	carritos, diablos, camionetas, cargadores	\$ 180,000.00	120 carritos recolectores	Los segregadores se incorporan al proceso de manejo de RSU y generan su propio empleo
PROPAEM	Impone multas a los centros de acopio no regulados	Tiempo, personal y \$	\$ 7,200.00	5 personas responsables del programa de inspección	La PROPAEM inspecciona empresas que usen bolsas de plástico
	Alumnos de servicio social del IT que trabajen en cooperación con el proyecto HOB	Horas de servicio	\$ 333,000.00	37 alumnos / 3 mañana y 3 en la tarde	

Escuelas y Estudiantes (ITT)	Los integrantes de las escuelas adquieren sensibilización	Tiempo, espacio	\$ 23,000.00	23 escuelas en la cabecera que reciben capacitación	Reconocimiento a estudiantes por su labor con horas de servicio
	El servicio de recolección es diferenciado, 2 veces por semana (mañana)	Tambos, personal	\$ 230,000.00	Cada escuela tiene sus tambos diferenciados	
jóvenes becados del gobierno federal	El gobierno federal paga a becarios para que hagan tareas a la sociedad	6 jóvenes	\$216,000.00	6 jóvenes trabajan en los municipios	El programa es un instrumento de apoyo a tarea de limpia y educación de la ciudadanía
Total			\$ 90,588,949.86		

El cálculo de la inversión se monetizó gracias a la información que cada *stakeholders* colaboró, resultando un total de **\$ 90,588,949.86** (tabla 3.20), lo que simboliza las participaciones de los grupos de interés, para realizar el programa de limpia pública, la autoridad local, los comercios grandes, medianos y pequeños invierte 27%, la Empresa privada 14%, los residentes de Metepec 9%, entre otros (figura 3.8). Recurso financiero que representa las participaciones de todos los grupos de interés para poder realizar el programa de limpia pública,

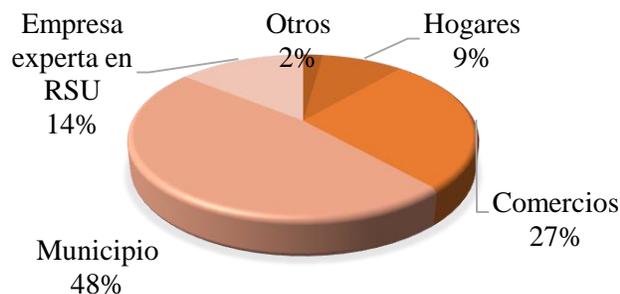


Figura 3.8 Distribución de la inversión Total, GIRSU Metepec

Cabe señalar que algunos grupos de interés como el RESA, los Centros de Acopio, la Empresa productora de diésel a partir de plásticos y la PROPAEM no son exclusivos a Metepec; por lo que su inversión se dividió entre sus principales clientes

3.1.3.2 Fase 2. Mapa de cambios

En el enfoque de gobernanza mostrado en la figura 3.9, es trascendental que se cumplan los reglamentos referentes a la GIRSU en los tres órdenes de gobierno; principalmente a nivel municipal, donde es necesario elaborar un reglamento de limpia pública y un plan de gestión, que considere la aplicación de multas, cobros, capacitaciones a la población en general, y la incorporación de agentes privados que admitan una administración funcional, para integrar a los grupos de interés.

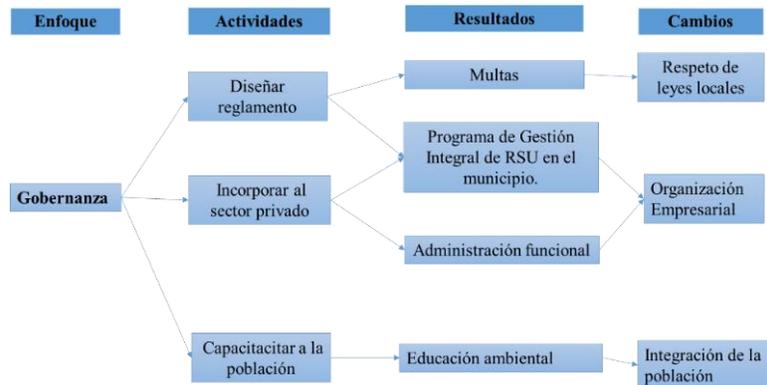


Figura 3.9 Enfoque sustentable de cambio gobernanza

Para el enfoque económico (figura 3.10), es necesario poseer control de las actividades de la GIRSU, a través de la vigilancia, limpieza de la ciudad y la integración de la población, trabajadores, comercios y sectores que ejecutan la recolección y venta de residuos reciclables, conjuntamente de la constante capacitación, cobros e incentivos, a fin de formalizar este sector, por medio de la incorporación de un Centro de Valorización Municipal e integrar una Planta para procesar diésel a partir de plásticos, lo que permitiría incluir plásticos no valorizables.



Figura 3.10 Enfoque sustentable de cambio económico

En el enfoque social que se presenta en la figura 3.11, es necesario destacar la educación ambiental por medio de programas dirigidos a la población, y el fomento de la cultura del reciclaje, con el objetivo de estimular la gestión de sus RSU.



Figura 3.11 Enfoque sustentable de cambio social

En el enfoque medioambiental desglosado en la figura 3.12, es fundamental valorar la reducción de los envíos de RSU a los RESA y/o tiraderos a cielo abierto, por lo que es fundamental ocuparse en la parte de educación ambiental, para que la población tenga el conocimiento del problema que conlleva depositarlos de manera incorrecta y los riesgos de salud que puede generar.

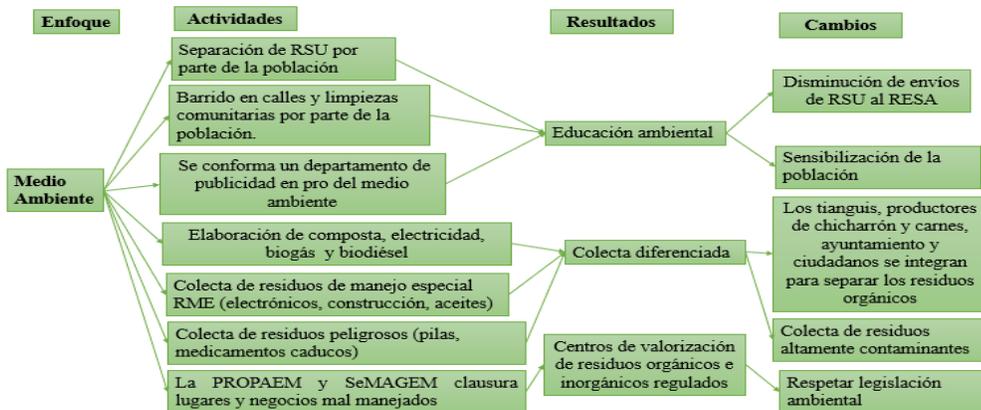


Figura 3.12 Enfoque sustentable de cambio medio ambiental

3.1.3.3 Fase 3: Medida de los cambios

De acuerdo con los cambios que se describieron anteriormente es necesario medirlo por lo que se buscaron indicadores claves para poder darle un valor y medir el cambio a través de proxy, por medio de la información que el ayuntamiento u otros grupos de interés proporcionaron, a fin de ir estructurando el aspecto positivo de la autoridad local para que se haga un Programa de Gestión de RSU en la ciudad que incorpore a los agentes de cambio en el proceso y sea participe a los Cambio. El cual se ve expresado en la figura 3.13

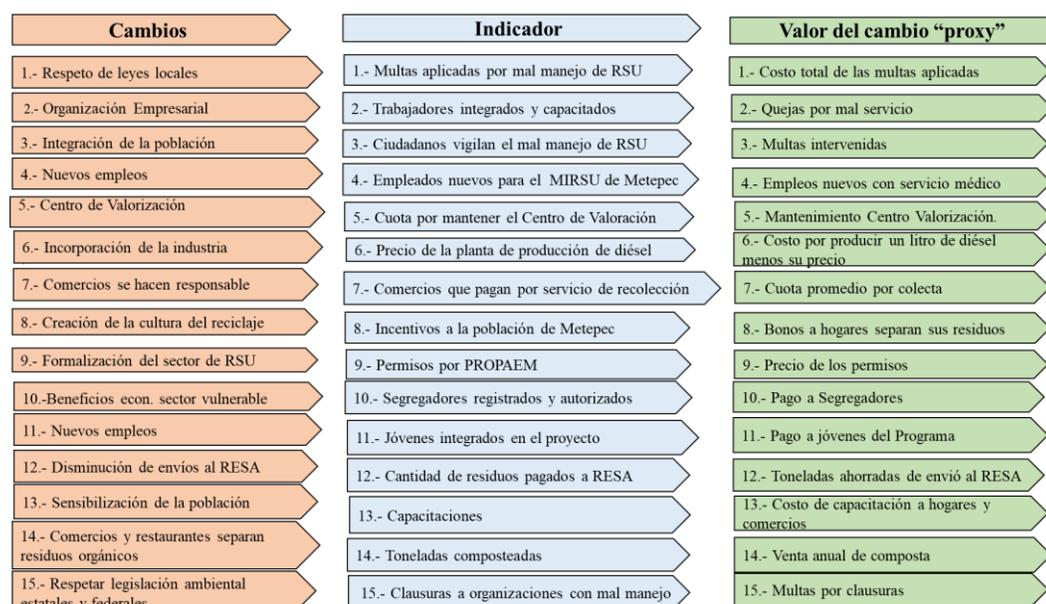


Figura 3.13 Valor de los cambios

Los resultados se presentan en la tabla 3.21 desglosando los valores de los doce cambios propuestos.

Tabla 3.21 Valor del cambio para el GIRSU de Metepec

Indicador ¿Cómo lo mediría?	Cantidad ¿Cuánto cambio existe?	Proxy Financiero ¿Qué proxy utilizaría para valorar el cambio?	Valor \$ ¿Cuál es el valor del cambio?
1. Respeto de las leyes locales			
No. de multas por mal manejo de RSU en la población	150	Costo de la multa por número de hogares multados	\$ 120,000.00
No. de multas por mal manejo de RSU en los comercios	10	No. de multas aplicadas por la cuota promedio de multas	\$ 20,000.00
No. de multas aplicadas en el año por mal manejo de RSU	192 multas totales y 100 aplicadas	No. de multas por el pago de multa promedio	\$ 80,000.00
2. Organización empresarial			
No. de capacitaciones a comercios en este año 2020/ totales.	300 comercios	No. de comercios capacitados por la cuota de capacitación, más no. de empleados por cuota de capacitación	\$ 150,000.00

No. de empleados capacitados	140 tianguistas	No. de empleados capacitados por precio de capacitación (trimestral)	\$ 28,000.00
No. de trabajadores capacitados en el ayuntamiento (trimestral)	207 empleados en el departamento de limpia y 15 barrenderos	No. de trabajadores capacitados que brindan un mejor servicio.	\$88,800
Gasto de publicidad H0B en Metepec	5,359 casas visitadas casa por casa	No. de hogares que separan sus RSU	\$ 100,000.00
Costos por mantener el Programa H0B	5,359 hogares obtienen ingresos por sus reciclables	Ingresos a la población por sus RR	\$ 12,861,600.00
No. de toneladas pagadas al ayuntamiento de Metepec por parte del C. Acopio 1	171 ton/año	No. de toneladas recicladas del ayuntamiento de Metepec por pago promedio	\$ 780,000.00
No. de toneladas pagadas al ayuntamiento de Metepec por parte del C. Acopio 2	346 ton/año	Pago bimestral por 6 meses	\$ 600,000.00
No de toneladas recibidas y pagadas por el ayuntamiento de Metepec	87.76 ton/d 2632.83 ton/mes 31,594 ton/año	No. de toneladas pagadas al año	\$ 6,634,530.00
3.Integración de la población			
No. de hogares que reciben puntos intercambiables/ número de hogares totales del municipio	10%	Número de hogares que reciben el bono por precio del bono	\$10,718,000.00
No. de hogares que separan adecuadamente de acuerdo con el programa de separación de RSU	55%	Precio de recolección/ No. de hogares totales por el %55 que separan adecuadamente	\$ 32,468.74
4.Nuevos empleos			
No. de Empleados nuevos para el MIRSU de Metepec.	4 supervisores, 50 barrenderos, 1 capacitadora, 5 recolectores móviles de reciclables, 3 segregadores de RR. Trabajadores de la planta de diésel (2 turnos)	No. de empleos nuevos (80)	\$ 5,760,000.00
5.Centro de valorización			
Cuota por mantener el centro de valoración de la ciudad	Uso de 1 tiradero de la ciudad para poder hacer la valoración.	Pago anual por mantener un ambiente adecuado a la ciudadanía	\$ 360,000.00
6. Incorporación de la industria			
Precio de la planta de producción de Diesel	1 planta	No. de inversión por la planta	\$4,500,000
Cantidad de Diesel producido	1 ton/d por turno 1,080 ton/a	Ahorro en Diesel convencional	\$ 24,832,800.00
7.Comercios se hacen responsables			
No. de comercios Pymes que pagan anualmente por servicio de recolección	1,840 pymes (30%)	no. total, de pymes por la cuota promedio para limpia de comercios.	\$ 22,080,000.00
No. de comercios personalizados que pagan anualmente por servicio de recolección	15 personalizados (30%)	No. comercios Grandes por la cuota promedio por limpia de comercios grandes	\$ 1,260,000.00
No. de comercios que donan y venden sus RR	315 comercios	No. de toneladas anuales por precio de venta	\$ 2,340,000.00
No. de tianguis y mercados que separan sus residuos	1 mercado y 2 tianguis	No. de toneladas anuales (2,352 ton/a) por precio de composta (7ton/d)	\$ 3,528,000.00
Cantidad recibida de RSU de las iglesias	36 ton/a	Toneladas recibidas por la cuota al RESA	\$ 7,560.00
8. Cultura del reciclaje			

No. de capacitaciones a la población de Metepec / total de la población del municipio	30%	No. de hogares capacitados por costo de capacitación	\$ 1,607,700.00
9. Formalización del sector de RSU			
No. de permisos por SEDENA	En 10 años	No. de años con el permiso por precio del permiso	\$ 30,000.00
10. Beneficios económicos para ciertos sectores vulnerables			
No. de pepenadores registrados en la lista de segregadores de Metepec	120 pepenadores registrados	no. de pepenadores por pago anual	\$ 11,520,000.00
Cantidad de residuos vendidos a Centros de Acopio 0.6% y 0.9%	1,222 ton/a	No. de toneladas no enviadas al RESA	\$3,666,000.00
11. Nuevos empleos para jóvenes			
No. de alumnos de servicio social integrados al proyecto	400 alumnos de servicio	No. de horas de servicio por el no. de alumnos por pago promedio por hora	\$ 3,600,000.00
No. de becarios en el programa jóvenes construyendo México	10 becarios federales	No. de becarios por el pago anual	\$ 360,000.00
12. Disminución de envíos al RESA			
No. de toneladas de recuperación de residuos inorgánicos limpios y orgánicos, con el actual programa de separación 3 veces por semana	2036.23 ton al mes recuperadas de RR y 2282 ton/mes por 5940 ton al mes de RSU en la ciudad (34.28% recuperada de RR y 38.4 % de RO)	Toneladas recuperadas de residuos reciclable limpios por la cuota por tonelada de envió al RESA al año	\$ 6,108,690.00
Cantidad de residuos pagados a RESA LA ISLA	31,363.2 ton/a	Toneladas totales anuales enviadas menos ahorro de ton enviadas	\$ 9,180,910.00
13. Sensibilización de la población			
No. de capacitaciones en la ciudad	18,756 capacitaciones en este año (cabecera)	No. de capacitaciones por precio promedio por capacitación en una consultoría	\$ 937,800.00
14. Comercios y restaurantes separan sus residuos orgánicos			
No. de toneladas vendidas de composta	150 ton/ mes	No. de toneladas composteadas por el precio de venta anual	\$ 2,430,000.00
15. Respeto de las leyes			
No. de multas en Metepec, Estado de México		No. de multas estatales en el Estado de México por pago	\$ 20,000.00

El valor del cambio para la GIRSU de Metepec se midió a través de 15 indicadores, dentro de los cuales el porcentaje de su valor se aprecia en la siguiente figura 3.14 donde la incorporación de la industria representa el 22%, los comercios se hacen responsables el 21%, la Organización empresarial el 16%, la disminución de envíos al RESA el 11%, así como los beneficios económicos para ciertos sectores vulnerables el 11%, seguido de la generación de nuevos empleos el 4% y empleos para jóvenes 3%. Siendo estos los más representativos.

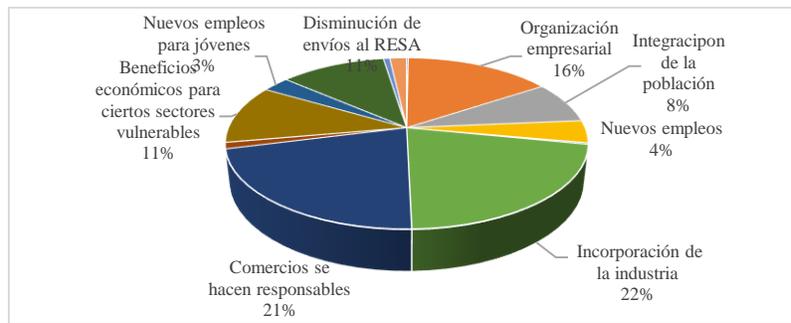


Figura 3.14 Valor del cambio para la GIRSU de Metepec

3.1.4 Fase 4: Medida del impacto social

Los impactos de los cambios se ejecutaron con relación a los costos y los ingresos que estos figuran. Cabe señalar que los mismos grupos de interés, fueron quienes propusieron estos porcentajes y opciones de cambio, a fin de evaluar el valor actual de los impactos estructurados en este estudio.

3.1.4.1 Ingresos

Se identificaron los ingresos totales que los agentes de cambios atribuyen en su conjunto (Tabla 3.22).

Tabla 3.22 Ingresos totales reducidos en PESOS

Cambios	Peso Muerto (%) ¿Qué habría sucedido sin la actividad?	Atribución (%) ¿Quién más contribuiría al cambio?	Decrecimiento (%) ¿Decrecerá el outcomes en años futuros?	Impacto Total Cantidad multiplicada por Proxy financiero, menos peso muerto, desplazamiento y atribución
La población paga la multa	0	0	0	120,000.00
Los comercios pagan la multa	100	0	0	19,999.00
La autoridad hace respetar las leyes de limpia local	0	0	0	80,000.00
Los comercios se hacen responsables				
Pago al ayuntamiento por colecta de residuos comerciales de PYMES	100	60	0	8,832,000.00
Pago por colecta por residuos comerciales de gran escala	100	100	0	1,260,000.00
Los comercios se involucran con el ayuntamiento, donando y vendiendo sus RR.	0	0	0	2,340,000.00
Disminución de envíos al RESA	60	60	0	1,468,945.00
Beneficios económicos para ciertos sectores vulnerables y generación de empleo en el sector de residuos reciclables				
Sostén colectivo a la sociedad	0	0	0	7,560.00
La empresa vende a los centros de acopio	0	0	0	3,666,000.00
Los centros de acopio distribuyen y compran los residuos reciclables	90	90	20	6,000.00

Los segregadores se juntan al proceso de manejo de RSU y generan su propio empleo	0	60	0	66,345.30
Incorporación de la industria				
Ahorro en combustible fósil	0	0	0	24,832,800.00
Generación de nuevos empleos y horas de servicio				
Horas de servicio de los estudiantes	0	0	0	3,600,000.00
Programa de jóvenes construyendo el futuro, es un medio de apoyo para limpia pública y educación de la ciudadanía	0	0	0	360,000.00
Los mercados, tianguís y restaurantes se integran para separar los residuos orgánicos (hacer composta)				
Los mercados ceden sus RSU al ayuntamiento	0	0	0	3,528,000.00
La autoridad comercializa composta	0	0	0	2,430,000.00
INGRESOS TOTAL				57,225,649.90

Los mayores ingresos lo obtienen al ahorrar combustibles representando el 43% siendo así una innovación ya que nadie ha invertido en dicha tecnología, seguido de los comercios se hacen responsables con el 24% donde algunas pymes y comercios de gran escala pagan a un tercero por recolectar sus RSU sin el apoyo del ayuntamiento, estos también venden sus residuos reciclables, por otra parte la comercialización de composta con el 11%, la generación de nuevos empleos para jóvenes con el 7% y beneficios económicos a sectores vulnerables con el 6.5% que representan innovaciones ya que nadie ha invertido en dichas actividades. La legislación ambiental no es representativa ya que no hay una adecuada gestión de multas.

3.1.4.2 Costos

Por otra parte, se pueden considerar los costos totales que los agentes de cambios atribuyen en su conjunto; con los ajustes por peso muerto, atribución y decrecimiento, ver tabla 3.23

Tabla 3.23 Costos totales descontados en PESOS

Conceptos/ Porcentajes	Peso Muerto	Atribución	Decrecimiento	Impacto Tot
Integración, sensibilización de la población y creación de la cultura de reciclaje				
Los bonos intercambiables como incentivo para el fomentar el reciclaje en los hogares	0	0	0	10,718,000.00
Los residentes de los hogares capacitados separan los RSU	40	60	0	385,848.00
La población segrega sus RSU	100	60	0	12,987.50
Los empleados de los mercados se capacitan para separar	0	0	0	28,000.00
Los trabajadores de comercios se capacitan para separar correctamente los RSU	0	0	0	150,000.00

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Educación ambiental hacia el reciclaje, casa por casa	0	0	0	937,800.00
Organización Empresarial				
La administración de recursos humanos es eficaz para el manejo de RSU	0	0	0	88,800.00
El departamento de limpia pública maximiza sus recursos	0	0	0	6,108,690.00
La empresa crea un departamento de comercialización y publicidad para la ciudad	0	0	0	100,000.00
El programa GIRSU se institucionaliza.	0	60	0	5,144,639.40
Generación de nuevos empleos en el sector de residuos reciclables				
La empresa crea nuevos empleos	0	0	0	5,760,000.00
Creación del centro de valorización de RSU				
Distribución, separación, comercialización de los RSU	0	0	0	360,000.00
Incorporación de la industria				
Combustible a base de plástico	0	0	0	4,500,000.00
Formalización del sector RSU				
Centro de acopio 1 coopera con la ley	0	0	0	30,000.00
Centro de acopio 2 coopera con la ley	0	70	20	187,200.00
Respetar legislación ambiental				
La PROPAEM clausura empresas e industrias por mal manejo de RSU.	90	90	20	200.00
COSTOS TOTALES				34,512,164.90

Los mayores costos lo gastan en la integración y sensibilización de la población con el 35% esta actividad de separar y vender sus residuos reciclables ya la realizan los ciudadanos, seguido de la organización empresarial con el 33% donde a nivel estatal se están buscando las herramientas para hacer un programa GIRSU, en la generación de nuevos empleos 17%, así como la incorporación de la industria 13% que representan innovaciones ya que son actividades que no se realizan. Respetar legislación ambiental no es representativo ya que pese existen multas pocas son realizadas.

3.1.5 Fase 5. Cálculo del SROI

Ya calculados los cambios principales, tanto de los ingresos totales de \$57,225,649.90, como de los costos totales del orden de \$34,512,164.90, se efectuó la proyección financiera para el periodo 2020-2024. En la Tabla 3.24, se desglosan los ingresos y los costos de los principales cambios en un periodo de cinco años, con una tasa de descuento del 3%, propuesta por el economista Nicholas Stern (Stern, 2007).

Tabla 3.24 Cálculo del SROI a cinco años en PESOS

INGRESOS	Cálculo del Retorno Social (USD) (tasa de descuento 3% STERN)				
	2020	2021	2022	2023	2024
Respeto leyes locales	213,591.26	201,330.25	195,466.26	189,773.07	184,245.70
Los comercios son responsables	12,069,902.91	11,377,041.11	11,045,670.98	10,723,952.41	10,411,604.28
Disminución de envíos al RESA	3,489,655.63	3,289,335.12	3,193,529.24	3,100,513.83	3,010,207.60
Beneficios para sec. vulnerables	8,046,174.76	7,584,291.41	7,363,389.72	7,148,922.06	6,940,701.03
Incorporación de la Industria	24,109,514.56	22,725,529.80	22,063,621.16	21,420,991.42	20,797,079.05
Servicio social jóvenes	3,844,660.19	3,623,960.97	3,518,408.71	3,415,930.79	3,316,437.66
Hacer composta con RSO	5,784,466.02	5,452,414.01	5,293,605.83	5,139,423.14	4,989,731.20
INGRESOS TOTALES	57,557,965.34	54,253,902.67	52,673,691.91	51,139,506.71	49,650,006.51
COSTOS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cultura de reciclaje	11,876,345.14	11,194,594.35	10,868,538.20	10,551,978.84	10,244,639.65
Organización empresarial	11,108,863.50	10,471,169.29	10,166,183.77	9,870,081.33	9,582,603.24
Nuevos empleos	5,592,233.01	5,271,215.96	5,117,685.40	4,968,626.60	4,823,909.32
Centro de valorización	349,514.56	329,451.00	319,855.34	310,539.16	301,494.33
Incorporación de la industria	4,368,932.04	4,118,137.47	3,998,191.72	3,881,739.53	3,768,679.16
Formalización del sector RSU	210,873.79	198,768.77	192,979.39	187,358.63	181,901.58
Legislación ambiental	194.17	183.03	177.70	172.52	167.50
COSTOS TOTALES	33,506,956.21	31,583,519.85	30,663,611.51	29,770,496.61	28,903,394.77

Como se ve en la tabla 3.25, se consiguieron los valores descontados de los ingresos totales, menos los costos totales en cada año para adquirir el VAN (Ec.1), resultando de 6,028,065.9 USD. En conclusión, se alcanzó el SROI de 1.27, dividiendo el VAN entre la inversión total que fue de 4,735,439.1 USD (Ec.2).

Tabla 3.25 Retorno Social de la Inversión en PESOS

Años	2020	2021	2022	2023	2024
Valores Reducidos	\$ 24,051,009.13	\$ 23,350,494.30	\$ 22,670,382.82	\$ 22,010,080.40	\$ 21,369,010.10
VAN					\$ 113,450,976.75
Retorno Social					1.25

El retorno social de la inversión indica que, por cada dólar invertido, se recuperarán 27 centavos de dólar, por lo que éste es mayor a 1 y mayor a la tasa propuesta por Stern (2007) de 0.3. El SROI alcanzado para el Programa de limpia pública del municipio de Metepec, Estado de México, es muy sustentable financiera, social y ambientalmente. Por lo que es conveniente invertir en este tipo de sectores para que las generaciones futuras no se vean en problemas.

3.2 MEXICALTZINGO

3.2.1 FASE I. DIAGNÓSTICO MEXICALTZINGO

3.2.1.1 Indicadores de Gobernanza

En la parte de gobernanza se puede apreciar que falta trabajo en cuanto a leyes, normas y sanciones aplicables en el municipio, además que no hay un diagnóstico de la gestión de sus residuos ver tabla 3.26.

Tabla 3.26 Tabla de indicadores de gobernanza

	Existencia de legislación (nacional y/o local)
	Cumplimiento con una legislación estatal
	Programa y reglamento municipal
	Diagnóstico de la gestión de sus residuos
	Existencia de instrumentos económicos que promuevan la ejecución de la gestión de residuos
	Registro de sanciones
	Presencia de prevención de residuos en el marco legal y/o políticas

3.2.1.2 Indicadores Sociales

En la parte social se cuenta de manera parcial el perfil del personal en puestos claves, la asignación de funciones y responsabilidades, además que el grado de satisfacción de los usuarios es regular y los procedimientos de comunicación y control de prestaciones del servicio, además, que se está integrando de manera parcial la inclusión del sector informal. Cuentan con personal informal en el área de limpia, los trabajadores cuentan con servicio médico, cuentan con prestaciones, y los salarios están bajos. Sin embargo, se puede visualizar una falta de coordinación, cooperación, disponibilidad pública de la información, no se está implementando acciones de educación ambiental en la población y capacitación en sus trabajadores, así como el fomento económico para prevención de residuos. Cabe distinguir, que en el apartado de barrido se puede apreciar una oportunidad para generar nuevos empleos. Ver tabla 3.27.

Tabla 3.27 Tabla indicadores sociales

	Perfil del personal en puestos clave (parcialmente)
	Asignación de funciones y responsabilidades
	Coordinador del servicio
	Personal informal en el área
	Cooperación institucional
	Disponibilidad pública de información
	Grado de satisfacción de los usuarios

	Procedimientos para comunicación
	Inclusión del sector informal
	Población para la cual están implementadas acciones de educación ambiental y concienciación.
	Control de la prestación de servicios
	Aspectos relacionados con seguridad e higiene
	Incentivos económicos para la prevención de residuos

Barrido

	0.10 personas por cada 10,000 habitantes y/o personal formal por cada 1000 toneladas
	Salario de trabajadores
	cuentan con servicio médico
	tienen personal informal
	no hay una capacitación continua

Recolección

	1 trabajadores por cada 10,000 habitantes
	Salario de trabajadores
	Cuentan con prestaciones
	no hay una capacitación continua
	no tienen personal informal

Disposición final

	No cuentan con el servicio de disposición final por parte del municipio
--	---

3.2.1.3 Indicadores Económicos

En la parte económica, cuentan con un presupuesto parcial para la gestión de residuos, sin embargo, es bajo comparado el presupuesto municipal, por lo que el costo por tonelada, así como de otros gastos indispensables están por debajo de lo ideal, esto debido en parte a que no existe un cobro por el servicio en los hogares, así como de otros factores. Esta falta de recursos provoca que no exista un presupuesto para proyectos de (I+D+i) investigación, desarrollo e innovación. Por otra parte, el costo por toneladas en disposición final es adecuado, pero la mayor parte de su presupuesto está siendo absorbido por este rubro. Ver tabla 3.28.

Tabla 3.28 Tabla indicadores económicos

	Presupuesto para la gestión de residuos
	5.99% del presupuesto de aseo respecto al presupuesto municipal
	Existencia de tarifas específicas de cobro (hogares)
	\$605.79 costo por tonelada, ideal (\$1,700 a \$3,800)
	Presupuesto en proyectos de (I+D+i) investigación, desarrollo e innovación) en gestión de residuos
	Recuperación de costos del organizador del servicio
	Gasto per cápita en educación ambiental y concienciación
	Tarifa promedio por tonelada
	Costo de los diferentes componentes= Gastos totales del componente/ total de toneladas recolectadas. Incluir gastos corrientes (operación, mantenimiento, administración, salarios) y de financiación (equipamiento o infraestructura, amortizaciones financieras o retorno de inversión,

 pago de préstamos o impuestos. Costo total per cápita= Gastos totales del componente al año/población atendida por el servicio de recolección.

Barrido

 Costo de barrido \$129.64 por kilometro

 \$0.47 Costo barrido por metro cuadrado

 Tarifa promedio de limpieza varia (km)

Recolección

 \$154.41 Costo de recolección y transporte por tonelada (Personal y Combustible)

 \$242.76 Costo de recolección y transporte por tonelada (PA)

Disposición Final

 \$230 Costo por tonelada en Sitio de Disposición Final

3.2.1.4 Indicadores de Medio Ambiente

En la parte ambiental, en el municipio de Mexicaltzingo anteriormente existía un tiradero a cielo abierto, el cual fue clausurado, por lo que la afectación del suelo y agua quedo en terribles condiciones. Con la actual administración no se ha podido llegar a un proyecto adecuado para remediarlo, por lo que los aspectos relacionados con el impacto visual, de ruidos y olores son un foco rojo para la población por lo que la SEMARNAT le está exigiendo hacer algo. Sin embargo, aún falta una planificación adecuada para bajar la intensidad de consumo energético, poder bajar las emisiones de gases de efecto invernadero, disminuir los lixiviados que se generan en los residuos, a través de una gestión diferenciada. Ver tabla 3.29.

Tabla 3.29 Tabla de indicadores de medio ambiente

	Gestión de sitios contaminados
	Intensidad de consumo energético
	Intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero
	Uso del suelo
	Uso del agua
	Agua residual y/o lixiviado generado
	Gestión de agua residual y/o lixiviado generado
	Impacto visual
	Contaminación de suelo
	Contaminación por ruido
	Contaminación por olores
	Intensidad de energía generada en valorización

3.2.1.5 Aspectos técnicos y de salud pública

En los aspectos técnicos y de salud pública hay mucho por mejorar, ya que no existe un sistema de monitoreo, no son valorizados los residuos y la tasa de recuperación de materiales en valoración es nula, entre otros aspectos. Ver tabla 3.30.

Tabla 3.30 Tabla de aspectos técnicos y de salud pública

	Sistema de monitoreo continuo
	Residuos valorizados
	Tasa de recuperación de materiales valorizados
	Contenidos impropios en valorización
	Residuos no peligrosos generados después de la valorización
	Residuos sin tratamiento previo eliminados en relleno sanitario
	Residuos eliminados respecto al total generado
	Residuos eliminados en relleno sanitario respecto al total de residuos eliminados

3.2.1.6 Análisis FODA

En la tabla 3.31 se encontró que el servicio del área de limpia en Mexicaltzingo tiene un regular manejo de RSU tanto en la administración anterior y la actual, ya que la mayor parte de los habitantes cuentan con el servicio, sin embargo, tienen un presupuesto anual parcialmente definido para RSU, lo que en ocasiones no les permite hacer una planeación para su manejo, tanto en las áreas de trabajo, de personal, las rutas, el nuevo transporte, el combustible.

En contra parte, no hay una planeación para realizar la separación de residuos desde la colecta, lo que ha generado indiferencia en la población para poder separar y reciclar sus residuos, además los trabajadores del servicio de colecta de RSU del municipio no cuentan con una orden para poder separar los residuos. Además, que hay poca cobertura para trabajar el proyecto en conjunto con el equipo de regidores del ayuntamiento, ya que no consideran rentable la propuesta; en contraparte, consideran que la mejor alternativa para manejar los residuos es a través de las nuevas tecnologías, por lo que han contratado a personas para que trabajen su tiradero municipal, sin embargo, no han tenido nada definido y su proyecto está detenido ya que el basurero esta clausurado. Lo que es eminente verificar que esa tecnología sea la adecuada si se gestionen bien los recursos. Cabe mencionar que no cuentan con un reglamento y programa de MIRSU, pero el departamento de medio ambiente, han apoyado este proyecto de manera constante, está en proceso generar sus propias leyes locales con mucha dificultad.

Tabla 3.31 Análisis FODA del manejo de RSU en Mexicaltzingo

FORTALEZAS		DEBILIDADES	
1	La mayor parte de los habitantes cuentan con el servicio	1	No hay planeación de separación desde la colecta municipal, población indiferente.
2	Cuentan con un parcial presupuesto anual para RSU	2	No cuentan con reglamento de limpia municipal, programas y leyes para MIRSU
3	Se les proporciono estudios de caracterización e indicadores.	3	No cuenta con un Plan Marco (Nacional, Estatal, Municipal)
4	Cuentan con 2 compactadores seminuevos, uno pequeño y uno grande ya viejo	4	Solo cuentan con barrido manual en la cabecera
5	Mayor cobertura de recolección que la administración pasada	5	No cuentan con Tratamiento
6	Tienen 6 rutas de recolección	6	No cuentan con centro de Trasferencia
7	1 turnos de recolección / 6 veces a la semana/8hrs	7	Salario de \$2,500-\$5,000 trabajadores (búsqueda de más recursos)
8	10 empleados en el área de limpia formales con prestaciones, seguro, aguinaldo, vacaciones, sindicato.	8	No cuentan con un centro de acopio propio para poder negociar con empresas recicladoras.
9	3 choferes y 3 recolectores	9	Poca escolaridad y capacitación a sus empleados
10		10	Ambigüedad en la lista de recolección de RSU
	Interés en el cambio por parte del departamento del área de limpia		Necesidad de camiones nuevos y planificar el segundo turno.
12	Interés y apoyo por parte del departamento de medio ambiente para realizar proyectos alternativos.	12	Poca apertura de los regidores para el proyecto propuesto
13	Interés por parte del presidente	13	Tipo de recolección (dejan sus RSU en las esquinas) provoca suciedad
14	Interés y gran apertura de los ciudadanos	14	No cuentan con un centro canino.
OPORTUNIDADES		AMENAZAS	
1	Invitar a las PIMEX recicladoras a comprarles o venderles RSU.	1	Cambio de gobierno cada 3 años (Interés por el tema)
2	Búsqueda de nuevo mercado de los subproductos de los RSU.	2	Rellenos Sanitarios a poco límite de sus capacidades
3	Invitar a organismos internacionales a participar en actividades en conjunto.	3	Contaminación ambiental progresiva
4	Minimizar el envío de RSU a los Rellenos Sanitarios	4	Enfermedades en la población (cáncer de riñón)
5	Si se reciclará desde origen ya no será necesario enviar tantas toneladas a los RESA	5	El RESA de la ISLA no proporciona información
6	Población interesada en el tema del reciclaje	6	Verificar la viabilidad de proyectos tecnológicos para manejar RSU.

En la parte externa existe barreras para tener oportunidades de mejora, ya que los regidores priorizan sus beneficios antes de los de la ciudadanía, sin embargo, si el departamento de servicios públicos se apropiará de sus residuos, estos podrían ser una fuente de nuevos ingresos, empleos, PYMEX de reciclaje, y reducir el envío de estos RSU a los RESAS o los tiraderos a cielo abierto, lo que conllevaría a un ahorro significativo en sus costos e inclusive tener ingresos propios. En contra parte, se puede observar una contaminación progresiva, ya que no hay una planeación intermunicipal para contrarrestar enfermedades en la población que están cerca de tiraderos a cielo abierto y que realizan pepena sin control. Además, que cerca de estos tiraderos y rellenos se están construyendo nuevos fraccionamientos residenciales, por lo que se observa la poca visión que conlleva el no poner un orden al problema eminente que conlleva el no manejar sus residuos de manera planificada. Por otra parte, a nivel nacional no existe una integración en la cadena de comercialización de los residuos valorizables, ya que no se cuenta con un listado de comercios formales en esta área. Además de que no se han regulado los precios de estos residuos a nivel federal, lo que permite verificar la importancia de este estudio a fin de tomar decisiones que permitan dar pauta a una economía circular eficiente, donde el beneficio será para todas las personas involucradas a este negocio de residuos que se ha generado de manera irregular, e inclusive no hay iniciativas para realizar el composteo de los residuos orgánicos de manera regulada.

3.2.1.7 Aplicación de cuestionarios a la población seleccionada

Por medio de las reglas de asociación se obtuvo los siguientes resultados: donde de manera general, se puede apreciar en la tabla 3.32 la opinión de la población en la cabecera.

Tabla 3.32 Opinión pública del municipio de Mexicaltzingo

Preguntas	Respuesta Mayor	Respuesta menor
Al consumir un producto en la calle ¿Qué hace con RSU?	72.7% de la población guarda su basura	27.3 % lo tira en un contenedor adecuado
¿Recomienda el uso de botes de basura en lugares públicos?	Si, 85.6%	No, 13.7%
¿Recomienda el uso de contenedores cerca de su casa?	No, 37.7%	Si, 61.7%
¿Qué hace con los residuos?	la mayoría de la población entrega sus residuos mezclados al camión. Los residuos más mezclados son: vidrio, unice, tetrapack, bolsas de plástico, material de construcción,	algunos separan y venden sus residuos reciclables: cartón, vidrio, pet, hdpe, aluminio, latas, metales, papel. En poca proporción tetrapack, vidrio, electrónicos y muebles. los residuos

	medicamentos y material de curación, pilas, pañales, orgánicos e higiénicos.	que más regalan los ciudadanos son: juguetes, muebles, ropa-zapatos.
¿Quién es responsable?	Ambos 66.7%	ciudadanos, 26.5%, 6.8 Ayuntamiento
¿Cómo almacena los residuos en casa?	Bolsa 48.1%	Contenedor 44.4%, caja 7.4%
¿Dispuesto a pagar?	el 29.6% entre 5 a 10 pesos semanales. 19.1% más de 20 pesos semanales. 14.8% de 1 a 5 pesos semanales y el 9.3% de 15 a 20 pesos.	22.8% no estaría dispuesto a pagar nada
¿Qué cambiar?	25.5% sugiere cambiar los camiones recolectores,	18.6% sugiere cambiar el tipo de recolección, 17.4% hacer recolección sesgada
¿Por qué no separa?	el recolector mezcla los residuos 36.4%,	31.2 % por falta de tiempo y el 13% por falta de interés y falta de información
¿A quién le entrega sus RSU?	82.1% al ayuntamiento	13% a particulares
¿Cuántas veces a la semana usa el servicio de recolección de residuos?	2 veces 95.4%	Buscan otras rutas para entregar sus residuos
¿Cuántos kilos a la semana genera?	42.6 % de 5 a 10 kilos semanales	29% de 11 a 15 kilos semanales y el 18.5% más de 35 kilos semanales
¿Cuánto coopera con propina?		
¿Considera que el camión recolector es adecuado para transportar los residuos?	56.8% de las personas consideran es adecuado	40.7% de las personas que no considera adecuado
¿Se capacitaría?	Si (72.8%)	No (17.9)
¿Participaría en un Comité?	Si (55.3%)	No (44.7%)
¿Cuántas personas viven en su hogar?	37.1% cinco a seis personas	de tres a cuatro personas con un 33.1% y una o dos personas con el 11.9%,
¿Cómo considera el servicio?	41.4% bueno	11.1% excelente
¿Sabe dónde son depositados los residuos que genera?	El 70% de la población piensa que se sigue llevando los residuos al tiradero municipal	16.2% de la población si sabe que son enviados a un relleno sanitario
¿Sabe que sucede con sus residuos cuando los entrega al camión recolector?	No (58.5%)	Si (37.1 %)
¿Considera adecuado cobrar 300 pesos al año por la colecta de basura y limpieza de la ciudad?	Si (71.7%)	No (14.5)
¿Cómo preferiría intercambiar sus reciclables?	34.4% dinero	26.6% por despensas, 19.6% predial o agua
¿Considera que es adecuado por la colecta de residuos a comercios?	Si (87.9%)	No (10.1%)

3.2.1.8 Generación y composición de RSU

Se realizó la colecta de RSU durante la semana del lunes 21 de octubre al domingo 27 de octubre del 2019, con un horario de 7:00-16:30, en las 6 colonias, mostrando en la siguiente tabla la cantidad de residuos recolectados de RSU. Se puede mostrar que los cuatro primeros días de la semana, la cantidad de residuos es constante, mientras que en los fines de semana disminuye su generación. Ver tabla 3.33.

Tabla 3.33 Cuantía de residuos recolectados de RSU en Mexicaltzingo.

	Col. Centro (kg)	Col. El Calvario (kg)	Col. La Estación (kg)	Col. Azcapotzalco (kg)	Col. Tecuanapa (kg)	Col. San José (kg)	TOTAL
Casas	18	19	15	8	8	10	78
lunes	27.5	47	39.2	28.1	30	11.3	160.9
martes	51	42.2	42.25	30.1	7.8	12	186.15
Miércoles	31.9	39.1	47.2	26.95	8.6	10.55	169.2
Jueves	37.5	35.4	60.4	20.3	13.5	18.2	184.45
Viernes	46.7	32.4	38.7	16.7	12.65	9.6	152.4
Sábado	22.2	31.8	46	17.4	8.3	15.1	142.25
Domingo	35.4	33.6	37.9	13.9	9.7	6	129.5
Total	252.20	261.5	311.65	153.45	90.6	82.75	1,124.85

Se halló que la generación per cápita de la Colonia Centro fue la mayor con 0.85 kg/hab-d y la Colonia San José el de menor con 0.37 kg/hab-d (Tabla 3.34). Ya que la relación que existe entre los hábitos de consumo y el poder adquisitivo de las personas que integran cada colonia, además de que la zona centro es una zona comercial.

Tabla 3.34 Generación per cápita por colonia y peso volumétrico por día y

Colonias	Peso Volumétrico (kg/m ³)							Generación (kg/hab-d)
	L	M	M	J	V	S	D	
Centro								0.85
El Calvario								0.64
La Estación								0.79
Azcapotzalco								0.62
Tecuanapa								0.43
San José								0.37
Promedio	89.0	55.2	85.8	64.8	84.3	43.2	64.6	0.61

El peso volumétrico por semana se obtuvo que los lunes, miércoles y viernes es cuando se genera más volumen en sus residuos, por lo que se indicó que se necesitaría vehículos de transporte de mayor capacidad.

En la Figura 3.15 se muestra los resultados en forma gráfica de los residuos agrupados en un estudio general.

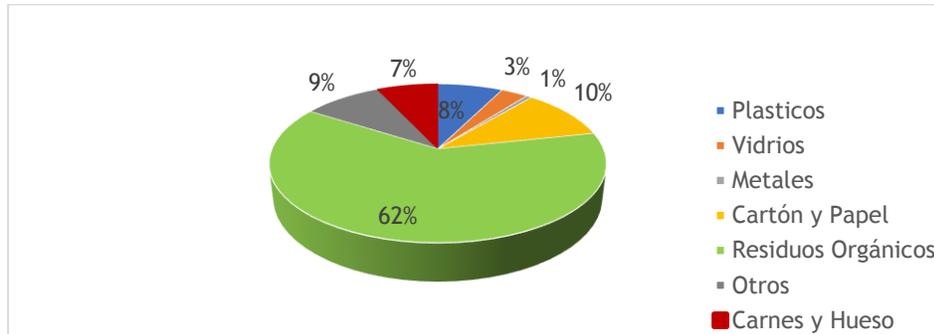


Figura 3.15 Grafica. Porcentaje promedio por subproductos de residuos en la cabecera municipal de Mexicaltzingo, casa habitación.

Donde el principal subproducto es el residuo Orgánico con un 62% por lo que sus residuos presentan un valor de humedad que al ser combinados con otros subproductos desperdician su valor, como es el caso del cartón y papel que representa el 10%, plásticos con un 8% y otros residuos reciclables. Cabe señalar que se añadió los huesos y carnes como un apartado ya que el municipio es productor de carnitas, chicharrón y los ciudadanos cocinas en sus casas.

En la tabla 3.35 se puede apreciar el porcentaje de la media obtenida de toda la semana de la caracterización de los residuos en casa-habitación se obtuvo que el de los residuos alimenticios fueron los de mayor porcentaje en la cabecera, con el de mayor porcentaje con un 31%.

Tabla 3.35 Promedios de caracterización de RSU de la Cabecera Municipal de Mexicaltzingo

	Subproductos	PROMEDIOS	
		kg	%
1	Algodón	0.088	0.136
2	Cartón	2.102	3.380
3	Cuero	0.254	0.330
4	Electrónicos	0.067	0.101
5	Envase en cartón encerado	0.624	0.917
6	Fibra dura vegetal (esclerénquima)	0.000	0.000
7	Fibras sintéticas	0.030	0.044
8	Higiénico	5.003	7.013
9	Hueso y carne	5.716	8.743
10	Hule	0.146	0.198
11	Lata	0.032	0.044
12	Loza y cerámica	0.145	0.213
13	Madera	0.105	0.145

14	Material de construcción	0.616	0.977
15	Material ferroso	0.422	0.594
16	Material no-ferroso	0.088	0.134
17	Medicamentos	0.266	0.398
18	Otros	5.615	7.732
19	Pañal desechable	5.143	7.134
20	Papel	3.985	6.164
21	PET	0.744	1.078
22	Plástico de película	3.429	5.496
23	Plástico rígido	0.599	0.895
24	Poliestireno expandido	0.234	0.399
25	Poliuretano	0.046	0.072
26	Residuo fino que pase la criba M 200	1.511	2.127
27	Residuos Alimenticios	22.535	31.165
28	Residuos de jardinería	6.319	9.487
29	Trapo	1.239	1.809
30	Vidrio de color	0.281	0.499
31	Vidrio transparente	1.484	2.577
	Total	68.866	100.000

El porcentaje de residuos más representativos son los residuos de jardinería, hueso y carne, pañal desechable e higiénico, papel y plástico de película. Estos 6 residuos son los más representativos por lo que es necesario identificar soluciones por cada uno de ellos. Cabe mencionar el vidrio transparente y el trapo también se generan de manera importante (Hochstrasser *et al.*, 2020).

3.2.2 FASE II. Aplicación del Modelo cabecera municipal de Mexicaltzingo

En los meses de noviembre a diciembre del 2019, se realizó la segunda fase del proyecto con la prueba piloto en la cabecera municipal de Mexicaltzingo, teniendo el apoyo de los siguientes recursos, ver tabla 3.36:

Tabla 3.36 Recursos para la aplicación del modelo

Recursos	Cantidad
Población objetivo	12,000 habitantes (57%)
Participación	2,976 hogares
Alumnos de servicio social del ITT del Programa Ambiental Institucional PAI	250 alumnos
Profesores del ITT	5 maestros
Vehículo	1 camioneta adaptada
Días de capacitación	5 sábados (8horas)
Evento cultural	1, con 8 proveedores de tecnologías sustentables

3.2.2.1 Recolección diferenciada

Por otra parte, las autoridades de Mexicaltzingo proporcionaron una camioneta para hacer la actividad, a partir del martes 26 de noviembre al 20 de diciembre, se realizó la colecta de residuos, los cuales se llevaron a cabo los lunes, miércoles y viernes de 8:30 a 13:00.

3.2.2.2 Capacitación

Recibieron una capacitación previa 300 alumnos del ITT y 100 alumnos de la Escuela Preparatoria No.45 de Mexicaltzingo para dar platicas de educación ambiental sobre el tema de separación y reciclaje de residuos (ver figura 3.16).



Figura 3.16 Capacitación alumnos del ITT y autorización de padres de familia de alumnos de la Preparatoria NO.45 Mexicaltzingo

La campaña estuvo conformada por 250 alumnos del ITT y 100 alumnos EPO45 (ver figura 3.17), quienes facultaron en 5 sábados, utilizando 8 horas diarias, en las seis colonias de la cabecera, con una cobertura de 2,976 casas.



Figura 3.17 Capacitación en Mexicaltzingo

Posteriormente se realizó un evento cultural el 20 de noviembre del 2019, sobre el reciclaje donde se presentaron autoridades de gobierno e invitados principales para realizar talleres y platicas de educación ambiental, cabe mencionar que se invitaron a ocho proveedores de tecnologías

sustentables. Además, se participó con un carro alegórico en el desfile ambiental con la participación de la población de Mexicaltzingo (ver figura 3.18)



Figura 3.18 Evento de reciclaje

Se efectuaron campañas de limpieza en el municipio, donde 400 padres de familia participaron en la limpieza de Mexicaltzingo (figura 3.19).



Figura 3.19 Limpieza de la ciudad

Se capacitaron a 1,065 alumnos de nivel secundaria y 200 alumnos de tercer grado de preparatoria para que ejecutarán el proyecto “Hacia Cero Basura en mi casa”, donde los alumnos crearon planes en su domicilio a fin de reciclar los residuos y llevarlos a su escuela (figura 3.20).



Figura 3.20 Educación ambiental

Se hicieron Comités estudiantiles en dos secundarias (figura 3.21)



Figura 3.21 Comités de reciclaje

3.2.2.3 Resultados de colecta y venta de residuos

En el mes de noviembre y diciembre, se ejecutó la colecta de RSU de la cabecera con la finalidad de recolectar, vender y obtener ganancias comprobables de los principales subproductos: PET, cartón, lata, fierro, plástico rígido, papel y vidrio, ver figura 3.22.

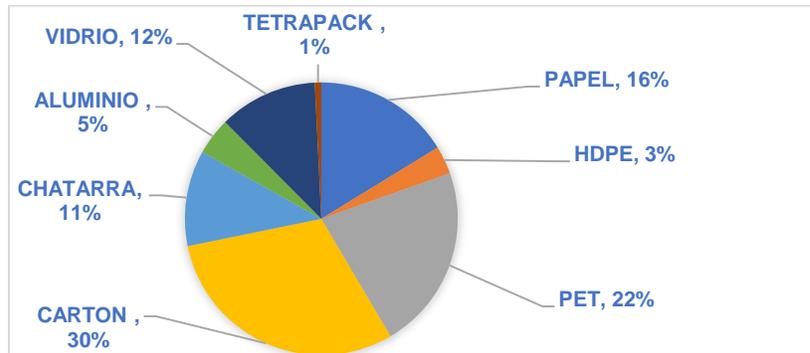


Figura 3.22 Porcentaje de residuos reciclables recolectados en la prueba

En la tabla 3.37, se puede observar que se tuvo una ganancia de \$1,579.35, sin embargo, a esto no se le descontó el gasto de gasolina.

Tabla 3.37 Colecta y venta de residuos valorizables, mes de noviembre y diciembre 2019, Mexicaltzingo

Residuos reciclables	Cantidad colectada	Precio de Compra	Precio de venta	Ganancia
Papel	268.47	\$ 0.80	\$ 3.00	\$ 590.63
HDPE	55.11	\$ 2.00	\$ 3.00	\$ 55.11
PET	362.74	\$ 3.00	\$ 4.00	\$ 362.74
Cartón	500.15	\$ 0.80	\$ 1.20	\$ 200.06
Chatarra	187.74	\$ 1.30	\$ 2.50	\$ 225.29
Aluminio	72.76	\$ 12.00	\$ 14.00	\$ 145.52
Vidrio	193.11	\$ 0.50	\$ 0.50	\$ -
Tetrapak	12.69	\$ 0.70	\$ 0.70	\$ -
	1652.77	\$3,073.58	\$4,615.42	\$ 1,579.35

3.2.3 FASE III. SROI MEXICALTZINGO

3.2.3.1 Alcance y grupos de interés

En la tabla 3.38 se muestran los grupos de interés que se seleccionaron como los principales actores, y consecutivamente se describen para cada uno de ellos los cambios más importantes que estarían preparados a realizar, para contribuir a la GIRSU municipal.

Tabla 3.38 Grupos de interés y cambios en el sistema para la gestión de RSU

Retorno Social de la Inversión (SROI). Mapa de Impacto					
Organización		Mexicaltzingo 2020 (enero-diciembre)			
Objetivos		Prospección del programa de manejo de sus RSU			
Alcance		Actividad			
Fase 1		Fase 2			
Stakeholders	Cambios contemplados / no contemplados	Descripción	Inputs	Outputs	Los Outcomes
¿En quién tenemos efecto?	¿Qué cree usted que cambiará para ellos?	¿Qué invierten ellos?	Valor \$		¿Cómo describiría usted el cambio
Residentes de Mexicaltzingo (jefe/jefa del hogar)	El 50% de los hogares pagan una cuota anual (\$300)	cuota anual	\$587,400.00	1,958.4 hogares pagan para tener un mejor manejo de RSU.	La población se responsabiliza del pago de cuota anual para tener un mejor servicio que incluya el tratamiento de RSU
	Los residentes separan los RR. por puntos y los llevan al módulo móvil H0B y/o llaman por teléfono para que vayan por estos.	Tiempo, 174 bolsas y costales	\$4,176.00	174 hogares adquieren el hábito de reciclar por puntos de canje (8%)	El pago por los reciclables son un incentivo para el reciclaje en los hogares
	Los residentes sacan su basura en cuanto toca la campana, lunes, miércoles y viernes (residuos orgánicos), martes, jueves y sábado (residuos inorgánicos)	Tiempo, bolsas	\$626,688.00	EL 45% de la población adquiere el hábito de separar sus residuos	La población separa sus RSU y la mitad de la población lo hace correctamente
	Los residentes pagan las multas por mal manejo de RSU	Pago de multas	\$28,000.00	35 multas \$400	La población reconoce su mal manejo en RSU y paga la multa correspondiente
Comercios (pequeños, mediano y grandes) dependiendo	Los comercios chicos y medianos (Pymes) pagan para que les recolecten su RSU	Pago por el servicio de recolección de RSU a Pymes	\$362,880.00	126 comercios afiliados al servicio de limpia municipal (CANACO 2018), pagan a principio de año con un 20% de descuento.	Pago al ayuntamiento por colecta por residuos comerciales de (Pymes)
	Los comercios GRANDES pagan por recolectar su	Pago por el servicio de recolección de RSU a grandes empresas	\$360,000.00	10 comercios personalizados afiliados al servicio de limpia municipal pagan por el servicio	Pago por colecta por residuos comerciales de gran escala

la cantidad de RSU que generen	basura (personalizados)	de recolección y tratamiento		
	Los comercios pagan multas por incumplir las leyes	Pago de multas al municipio \$4,800.00	3 multas Los comercios respetan las leyes de limpia pública	
	Los trabajadores reciben capacitación	tiempo, espacio -	126 capacitaciones a comercios Los trabajadores de comercios se capacitan en el manejo de RSU	
	Los productores de chicharrón hacen un Centro de Valorización de residuos cárnicos	tiempo, biodigestor, terreno (d \$, \$3,000,000	5 empresarios se unen al proyecto Los productores de chicharrón se hacen responsable de sus residuos cárnicos	
1 tianguis y 1 Mercado municipal	El tianguis, el mercado y recauderías separan sus residuos orgánicos de los RSU	bolsas negras, botes \$23,040	1 tianguis municipal con 20 negocios y 1 mercado donde se recolectan 40ton/a El tianguis entrega sus RSU separados y se aprovecha los residuos orgánicos.	
1 iglesia	La iglesia entrega sus RSU separados 2 veces por semana	Tiempo, personal de limpieza bolsas, de \$960	1 iglesias entregan sus RSU al municipio El personal de limpieza de las iglesias separa sus RSU.	
1 clínica	La clínica paga por recolectar solo sus RSU	1 clínica \$36,000	1 centros de salud pagan por su colecta de RSU 2 veces a la semana en 2 turnos. El Centros de Salud paga por su colecta de RSU	
Autoridad local	Los trabajadores del departamento de limpia se organizan de manera diferenciada	empleados (60%del presupuesto) \$ 1,200,000.00	10 barrenderos, 6 recolectores, 1 supervisor, 2 recicladores. La administración de recursos humanos es funcional para Manejar sus RSU de manera efectiva	
	Se mantiene el modelo para manejar los RSU, en 4 rutas de recolección (Infraestructura)	Equipo (barrido, gasolina, transporte 4 camiones, mantenimiento, oficina, papeleras (25-30% del presupuesto) \$750,000.00	Recolección 6 veces por semana los 365 días del año	El departamento de limpia pública maximiza sus recursos económicos para tener un mejor manejo de RSU.
	Ingresos por cobro de multas a la población (5-6 multas/semana), lotes y terrenos con basura	\$160,000.00	100 multas al año a terrenos	La autoridad hace respetar las leyes de limpia local
	Monitoreo de recurso humano de limpieza municipal		1 supervisor para el área de limpia	Administrar la recolección a los trabajadores y mantener la ciudad limpia mediante supervisión
	El gobierno emite puntos intercambiables y/o \$ por reciclar los residuos a la población y los comercios	empleados Gasolina Puntos y/o \$ al Pago de RR \$ 144,000.00 \$ 161,800.00	1 persona responsable y capacitadas en el programa HOB \$500 para recolección de RR gastados de gasolina diario de los 2 turnos Colecta domiciliaria a 174 hogares Pagos por predial (174 casas y 40 comercios) 30% de los comercios recibe puntos y/o \$	El programa HOB se institucionaliza.

	Los trabajadores están incentivados a reciclar a través de bonificaciones al que obtenga mayor RR	Tiempo y \$	\$ 28,800.00	\$300 al mes a 8 trabajadores (Pagar un extra a los trabajadores que recolecten mas RR)	
	Se incrementa la población que separa los RSU, a través de la capacitación	Tiempo y \$,6 empleos a becarios federales		12,000 habitantes capacitados (90% de la población)	Educación ambiental hacia el reciclaje, casa por casa y los jefes de manzana están organizados por el departamento de participación ciudadana para que las personas reciclen.
	El departamento de Diseño y Publicidad del ayuntamiento ha trabajado con la publicidad HOB	Tiempo y \$	\$100,000.00	1 departamento de marketing y publicidad	La empresa crea un departamento de marketing y publicidad para los municipios participantes.
CIR-RESA	Instalación de Planta tratadora de residuos orgánicos Regional con biodigestor para hacer electricidad	\$ tecnología (antes y después) para generar electricidad terreno renta personal 2 ingenieros y 15 trabajadores infraestructura (instalaciones administrativas) y planta de inspección de separación	\$1,500,000.00 \$30,000.00 \$654,000.00 \$750,000.00	Reciben 1000 ton/d de RSU regional para hacer electricidad para la CFE.	Se hace un solo gasto regional para procesar los residuos orgánicos RSO, con la condición de que los municipios eduquen a su población para llevarlos separados.
Centro de compostaje Tenango	El municipio genera un ambiente para la formación de empresas de composteo	5 empleados, 1 ingeniero agrónomo renta de 1 camión de volteo (10-11ton) y maquinaria vieja Costo de producción de la composta, electricidad, agua, sistema de riego, bacterias) renta del terreno (5 hectáreas)	\$ 49,000.00 \$ 52,800.00 \$ 94,500.00 \$20,400.00	Recibe 40 ton/a de RSU de Mexicaltzingo y composteo 20 ton/	Se genera una empresa compostera para darle un proceso biológico a los RSU y se aumenta los abonos orgánicos
Empresa de diésel a partir de plásticos	Recuperación de plásticos para hacer biodiésel	planta industrial	\$300,000.00	Reciben 162 ton/a de residuos plásticos para elaboración de diésel.	Intercambio de bonos por diésel de residuos plásticos.
Centro de acopio		empacadoras renta de terreno empleados Electricidad Permisos	\$ 36,000.00 \$ 9,600.00 \$ 24,000.00 \$ 1,920.00 \$ 240.00	2 empacadoras terreno 2 empleados \$800.00 mensuales pago CFE 1	Intercambio de residuos reciclables con el ayuntamiento
Pepenadores	Los segregadores informales tienen sus ingresos por medio de la colecta de residuos reciclables	Mano de obra	\$20,000.00	10 personas registradas con el municipio	Los segregadores se incorporan al proceso de

	Los segregadores buscan coleccionar sus residuos	carritos, diablos, camionetas, cargadores	\$ 25,000.00	10 carritos recolectores	manejo de RR, generan su propio empleo
Recolectores de orgánicos	Recolectores independientes para recolectar RO para ganado	tiempo, bicicletas	\$7,500.00	5 ciclistas	Empleos independientes para recolectar RO
Recolectores de grasas de cerdos	Recolectores independientes para recolectar Grasas para fabricación de jabones	tiempo, camioneta y gasolina	\$ 65,000.00	5 camionetas con 2 ayudantes	Se reúsa las grasas animales para la industria del jabón.
PROPAEM	Imponer multas por dar productos con bolsas de plástico	Tiempo, personal y \$	\$ 7,200.00	5 personas responsables del programa de inspección para el Estado de México	La PROPAEM inspecciona empresas que usen bolsas de plástico
Escuelas y Estudiantes	Alumnos de servicio social que trabajen en cooperación con el municipio	Horas de servicio	\$90,000.00	10 alumnos / 3 mañana y 3 en la tarde	Reconocimiento a estudiantes por su labor con horas de servicio y adaptación de escuelas para separar sus RSU.
	Los integrantes de las escuelas adquieren sensibilización	Tiempo, espacio	\$5,000.00	10 escuelas que reciben capacitación	
	El servicio de recolección es diferenciado, 2 veces por semana (mañana)	Tambos, personal	\$50,000.00	Cada escuela tiene sus tambos diferenciados	
Jóvenes becados del gobierno federal	El gobierno federal paga a becarios para que hagan tareas a la sociedad	4 jóvenes	\$204,048	4 jóvenes trabajan en el departamento de limpia publica de Orizaba	El programa de jóvenes construyendo México es un instrumento de apoyo a tarea de limpia y educación de la ciudadanía
Total			\$ 12,310,152.00		

El cálculo de la inversión se monetizó gracias a la información que cada *stakeholders* compartió, resultando un total de \$12,031,752.00 (tabla 3.38), lo que simboliza las participaciones de todos los grupos de interés, para realizar el Programa de limpia pública, los comercios grandes, medianos y pequeños invierte 31%, el CIR 24%, la autoridad local 21%, los residentes de Mexicaltzingo 10%, entre otros, figura 3.23 (Hochstrasser et al., 2022).

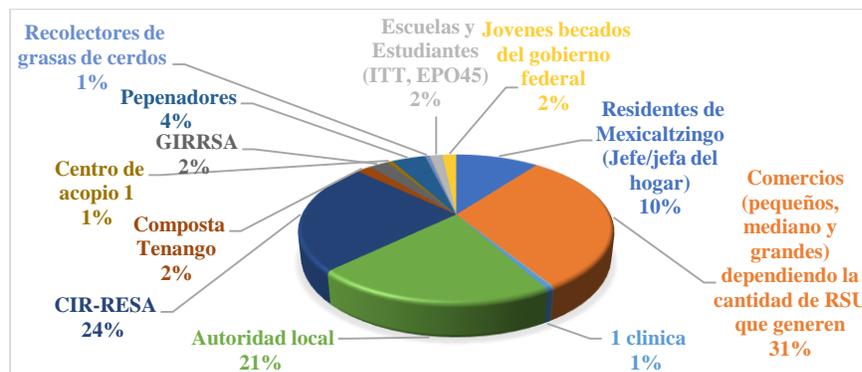


Figura 3.23 Distribución de la inversión Total, GIRSU Mexicaltzingo

Cabe distinguir que ciertos grupos de interés como el CIR-RESA, los Centros de Acopio, La Empresa productora de diésel a partir de plásticos y la PROPAEM no son exclusivos a Mexicaltzingo; por lo que su inversión se dividió entre sus clientes potenciales. Además, que la inversión actual de la PROPAEM para la contratación de inspectores no es suficiente para regular las leyes de protección ambiental locales, lo que simboliza un tema significativo para suscitar la contratación de nuevos inspectores en el ámbito federal.

1.1.1.1 Fase Mapa de cambios (Enfoque de gobernanza)

En el enfoque de gobernanza expuesto en la figura 3.24, es significativo que se elaboren y se cumpla los reglamentos en cuanto a la GIRSU en los tres órdenes de gobierno; sobre todo a nivel municipal (Mexicaltzingo), donde se debe confeccionar un reglamento de limpia pública y un plan de gestión, que contemple la aplicación de cobros por recolección y tratamiento, multas, capacitaciones, la inscripción de agentes privados como el CIR que permitan una administración funcional, para así integrar a los grupos de interés de manera puntual.



Figura 3.24 Enfoque gobernanza

3.2.3.2 Enfoque económico

Para el enfoque económico (figura 3.25), es significativo tener control de las actividades para la GIRSU en Mexicaltzingo, a través de la supervisión, limpieza de la ciudad y la integración de la población, trabajadores, comercios y sectores que trabajan en la recolección y venta de residuos reciclables, conjuntamente de la capacitación continua a la población, comerciantes y trabajadores, para lograr cobros e incentivos, con la finalidad de formalizar este sector.

Es importante la integración de los productores de chicharrón y carne del municipio para valorizar los residuos cárnicos con el fin de utilizarlos para generar gas natural y aprovechar los

sub-residuos como los huesos y la sangre para alimento de ganado. Además de fomentar la cooperación con los Centros de Acopio locales y de Compostaje Regional a fin de reducir los envíos al CIR-RESA y poder diversificar los beneficios locales para emprendedores, lo que propiciaría la generación de nuevos empleos. Además de intercambiar bonos o vales con una Planta para procesar diésel a partir de plásticos, lo que consentiría la inclusión de plásticos no valorizables en este proceso



Figura 3.25 Enfoque económico

3.2.3.3 Enfoque social

En el enfoque social que se presenta en la figura 3.26 es transcendental destacar la educación ambiental por medio de programas dirigidos a la población, y fomentar la cultura del reciclaje, a fin de estimular la correcta gestión de sus RSU,

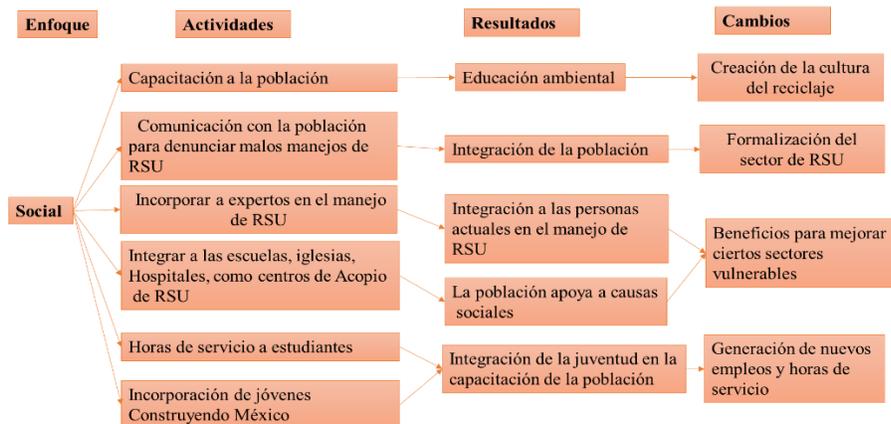


Figura 3.26 Enfoque social

3.2.3.4 Enfoque medioambiental

En el enfoque medioambiental desglosado en la figura 3.27, es esencial valorar la reducción o transformación de los envíos de RSU a los RESA y/o tiraderos a cielo abierto, por lo que es fundamental trabajar en la educación ambiental, a fin de que la población en general conozca el problema que conlleva depositarlos de manera incorrecta y los riesgos de salud que esto implica. Siendo así, el municipio se verá obligado institucionalizar el cobro de recolección y transformación y la colecta diferenciada de residuos orgánicos, residuos reciclables, residuos no reciclables y residuos de manejo especial (pilas, medicamentos, electrónicos, muebles voluminosos); así como residuos orgánicos del tianguis y el mercado. Es importante que la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México (PROPAEM) haga respetar la legislación ambiental, e examine a todos los implicados que realicen de manera inadecuada el manejo de sus RSU.

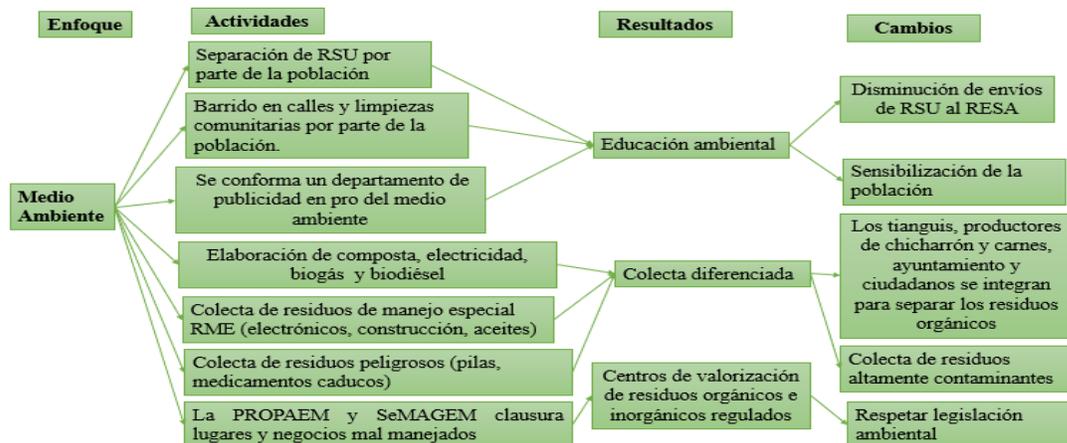


Figura 3.27 Enfoque sustentable de cambio social

3.2.4 FASE IV: Medida de los cambios

De acuerdo con la guía de (Nicholls *et al.*, 2012), se identificó un indicador para medir los cambios, a fin de saber que proxi financiero se usaría para valorar el cambio y darle un valor monetario de acuerdo a esto, se presenta la propuesta para el municipio de Mexicaltzingo. La información fue proporcionada por el ayuntamiento u otros grupos de interés. La autoridad debe estructurar un Programa de Gestión de RSU en el municipio; que incorpore y participen los agentes de cambio en el proceso, ver la figura 3.28.

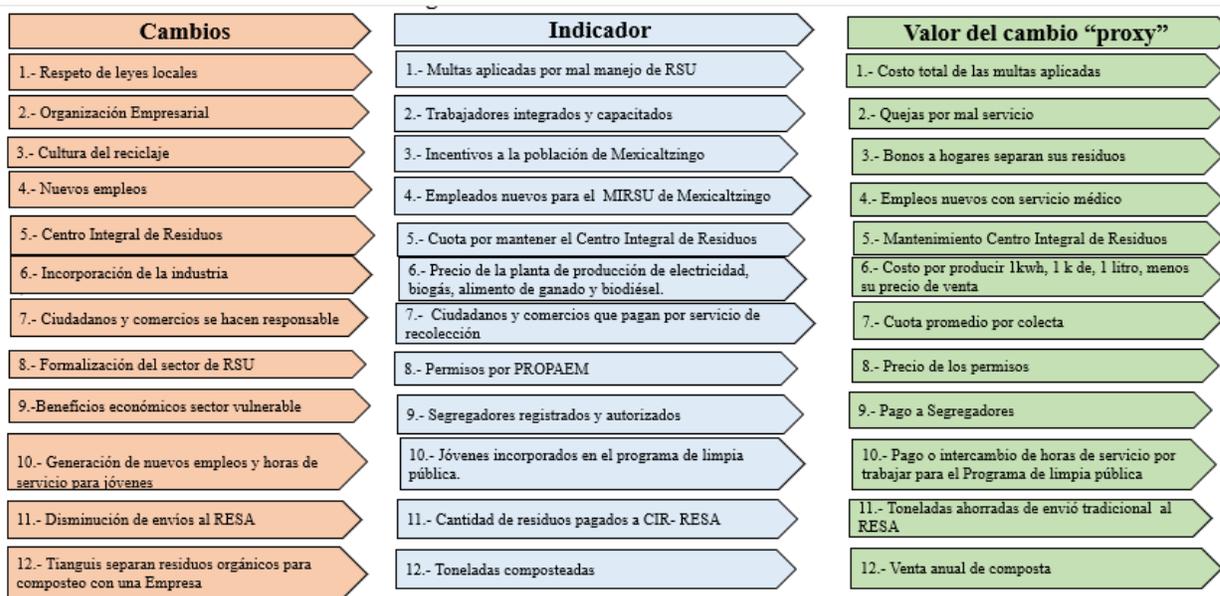


Figura 3.28 Valor de los cambios

Los resultados se presentan en la tabla 3.39 se presentan desglosados los valores de los doce cambios propuestos.

Tabla 3.39 Valor del cambio para el GIRSU de Mexicaltzingo

Indicador	Cantidad	Proxy Financiero	Valor \$
¿Cómo lo mediría?	¿Cuánto cambio hubo?	¿Qué proxy usaría para valorar el cambio?	¿Cuál es el valor del cambio?
1. Respeto de las leyes locales			
no. de multas (totales y aplicadas) en este año por mal manejo de RSU en la población	100	Costo de la multa por número de hogares multados	\$ 28,000.00
no. de multas (totales y aplicadas) en este año por mal manejo de RSU en los comercios	3	No. de multas aplicadas por la cuota promedio de multas	\$ 4,800.00
no. de multas aplicadas en el año por mal manejo de RSU	35 multas totales y 3 aplicadas	No. de multas por el pago de multa promedio	\$ 22,300.00
2. Organización empresarial			
No. de empleados capacitados	27	No. de empleados capacitados por precio de capacitación trimestral	\$ 21,500.00
Cantidad de supervisores para área de limpia	1	Salario anual por 1 supervisor	\$ 96,000.00
Gasto de publicidad			\$ 100,000.00
3. Cultura del reciclaje			
no. de hogares que reciben bonos por predial y/o despensa/ número de hogares totales del municipio	7%	Precio del bono por no. de hogares que reciben el bono	\$ 208,800.00
no. de capacitaciones a la población de Mexicaltzingo en este año 2019/ total de la población del municipio	90%	No. de hogares capacitados por el costo de capacitación	\$ 150,000.00
no. de hogares que separan adecuadamente de acuerdo con el programa de separación de RSU	55%	Precio de recolección/ no. de hogares totales por el % que separan adecuadamente	\$ 1,276.55
no. de capacitaciones en la ciudad	400 capacitaciones en este año	No. de capacitaciones por precio promedio por capacitación en una consultoría	\$ 200,000.00

no. de capacitaciones a comercios en este año 2019/ totales.	126 comercios y 10 barrenderos	No. de comercios capacitados por la cuota de capacitación, más no. de empleados por cuota de capacitación	\$	65,000.00
4. Nuevos empleos				
no. de empleos para producir biogás	2 empleos	No. de empleados por pago salario	\$	144,000.00
Pago personal	17 empleos	No. de nuevos empleos	\$	654,000.00
5. Centro Integral de Residuos CIR				
Precio de la planta de producción de energía para crear un CIR Regional	1planta	No. de la inversión por la planta	\$	1,500,000.00
Generación de electricidad	306,000 ton/a RESA (15 municipios), 2,964 ton/a Mexicaltzingo	1 ton genera 400 kwh por lo que 2,964 ton/a generan x kwh de RSO por venta o suministro a la CFE.	\$	984,048.00
6. Incorporación de la industria				
Precio de la planta de producción de biogás para crear un Centro de valorización de residuos cárnicos (5 empresarios)	1 planta	No. de la inversión por la planta	\$	3,000,000.00
Cantidad de Gas Natural producido y vendido	5 comercios	No. de toneladas 1440 procesadas anuales son 98,640 m3 por precio de venta de gas natural, menos costo de producción de este.	\$	1,691,280.00
Cantidad de plásticos intercambiados para vales de gasolina	13.5 ton/m, 162 ton/a	162 ton/a para hacer biodiesel por bonos de descuento gasolina	\$	1,701,000.00
Precio de la planta de producción de biodiesel para crear un Centro de valorización de residuos plásticos	1 planta	No. de la inversión por la planta	\$	300,000.00
7. Ciudadanos y comercios se hacen responsables				
no. de hogares que pagan la cuota/número de hogares total del municipio.	90%	Precio de la cuota por el número de hogares que pagan la cuota	\$	587,400.00
No. de comercios pymes que pagan anualmente por servicio de recolección	126 pymes	No. total, de pymes por la cuota promedio de comercios pymes	\$	362,880.00
no. de comercios personalizados que pagan mensualmente por servicio de recolección	5 personalizados	No. comercios grandes por la cuota promedio por limpia de comercios grandes	\$	35,000.00
no. de Centros de Salud que pagan mensualmente por su colecta de RSU	1 clínica	No. de clínicas por el pago por limpia de RSU	\$	7,000.00
8. Formalización del sector de RSU				
no. de permisos por SEDENA	En 10 años	No. de años con el permiso por precio del permiso	\$	30,000.00
9. Beneficios económicos para ciertos sectores vulnerables				
Cantidad recibida de RSU de las iglesias	2 ton/a	Toneladas recibidas por la cuota al RESA	\$	460.00
no. de pepenadores registrados en la lista de segregadores de Mexicaltzingo	10 pepenadores registrados	No. de pepenadores por pago anual	\$	480,000.00
no. de recolectores de orgánicos	7 recolectores	No. de kilos por recolector por pago	\$	16,800.00
no. de recolectores de grasa de cerdo	5 camionetas	No. de litros por recolector por pago	\$	2,400,000.00
Cantidad de residuos vendidos al Centro de Acopio.	72 ton/m, 864 ton/a	864 ton de residuos reciclados	\$	1,728,000.00
10. Generación de nuevos empleos y horas de servicios para jóvenes				
no. de alumnos de servicio social integrados al proyecto	37 alumnos de servicio	No. de horas de servicio por el no. de alumnos por pago promedio por hora	\$	333,000.00
no. de becarios en el programa jóvenes construyendo México	4 becarios federales	No. de becarios por el pago anual	\$	204,048.00
11. Disminución de envió de RSU al CIR-RESA				

no. de toneladas de recuperación de residuos inorgánicos limpios y orgánicos, con el actual programa de separación 6 veces por semana	246 ton al mes recuperadas de por 2,964 ton al año de RSU en la ciudad (55% recuperada)	Toneladas recuperadas de residuos inorgánicos limpios por la cuota por tonelada de envío al RESA al año	\$ 681,720.00
Cantidad de residuos pagados al CIR-RESA 48%	850 ton/d, 306,000 ton/d (nuevo costo \$250 para quienes separen y \$350 para quienes no.	2,430 ton/a de Mexicaltzingo para hacer electricidad, cobro de \$250 separada y \$300 no separada	\$ 654,000.00
12. Elaboración de composta			
no. de tianguis que separan sus residuos	1 tianguis	No. de toneladas anuales (240 ton/a) por precio de composta	\$ 360,000.00
no. de toneladas vendidas por la empresa de composta	40 ton/m, 480 ton/a	240 ton/a composta vendidas	\$ 2,025,000.00
no de toneladas pagadas por el gobierno para composteo (480 ton/a)	40 ton/mes	No. de toneladas por el pago anual, pago \$180/ton	\$ 86,400.00

El valor del cambio para la GIRSU de Mexicaltzingo se midió a través de 12 indicadores, dentro de los cuales el porcentaje de su valor se aprecia en la siguiente Figura 3.29 donde la incorporación de la industria representa el 32%, los beneficios económicos para ciertos sectores vulnerables el 22%, el Centro Integral de Residuos solo por un municipio el 12%, la elaboración de composta 12%, la disminución de envío de RSU al RESA 6%, ciudadanos y comercios se hacen responsables 5%, nuevos empleos 4%, cultura del reciclaje y generación de horas de servicio estudiantes 3%. Siendo estos los más representativos (Hochstrasser et al.,2022).

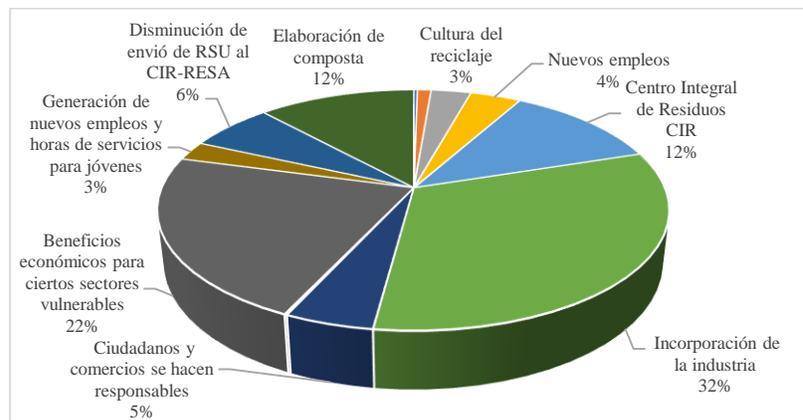


Figura 3.29 El valor del cambio para la GIRSU de Mexicaltzingo

3.2.4.1 Medida del impacto social

De acuerdo con los cambios propuestos, estos se dividen en costos e ingresos, los cuales tienen un porcentaje de variación de acuerdo con el peso muerto, atribución, decrecimiento, a fin de conocer el real Impacto Total. Cabe acentuar que los mismos grupos de interés, fueron quienes

propusieron estos porcentajes y opciones de cambio, con la finalidad de estimar el valor actual de los impactos estructurados en este estudio.

3.2.4.2 Ingresos

Se identificaron los ingresos totales que los agentes de cambios pueden atribuir en su conjunto, con respecto a los porcentajes propuestos en peso muerto, atribución y decrecimiento (Tabla 3.40).

Tabla 3.40 Ingresos totales descontados en \$MX

Cambios	P Peso Muerto (%) ¿Qué habría sucedido sin la actividad?	Atribución (%) ¿Quién más contribuiría al cambio?	Decrecimiento (%) ¿Decrecerá el outcomes en años futuros?	Impacto Total Cantidad multiplicada por Proxy financiero, menos peso muerto, desplazamiento y atribución
Respeto a las leyes				
La población paga las multas	0	0	0	28,000.00
Los comercios pagan las multas	100	0	0	4,800.00
La autoridad hace respetar las leyes de limpia	0	0	0	22,300.00
Los ciudadanos y comercios se hacen responsables				
Pago al ayuntamiento por colecta de residuos a ciudadanos	0	0	0	587,400.00
Pago al ayuntamiento por colecta de residuos comerciales de PYMES	0	60	0	145,152.00
Pago por colecta por residuos 5 comercios grandes y 1 clínica	100	100	0	42,000.00
Disminución de residuos orgánicos en el RESA	60	60	0	681,720.00
Beneficios económicos para ciertos sectores vulnerables y generación de empleo en el sector de residuos				
El personal de la iglesia separa sus RSU	0	0	0	460.00
La autoridad permite la comercialización de residuos reciclables	90	90	10	172,799.90
Venta por recolectar RSO y grasa de animal	0	60	0	966,720.00
Los segregadores se incorporan al proceso de manejo de RSU y generan su propio empleo	0	60	0	192,000.00
Incorporación de la industria				
Cantidad de gas producido para uso vehicular	0	0	0	1,691,280.00
La autoridad permite intercambio de bonos por biodiésel con una Empresa	0	0	0	1,701,000.00
Generación de electricidad con el CIR	0	0	0	1,067,040.00
Generación de nuevos empleos y horas de servicio				
Horas de servicio a los estudiantes	0	0	0	333,000.00

El programa de jóvenes construyendo el futuro, es un instrumento de apoyo para limpia pública y educación de la ciudadanía	0	0	0	204,048.00
Los mercados, tianguis y restaurantes se integran para separar los residuos orgánicos (hacer composta)				
El Centro de compostaje comercializa composta	0	0	0	2,025,000.00
INGRESOS TOTAL				\$9,777,527.90 MX

Los mayores ingresos lo obtienen en la incorporación de la industria representando el 46%, seguido de la comercialización de composta con el 21% que representan una innovación porque nadie ha realizado dichas actividades, los ciudadanos se hacen responsables con el 15% donde algunos comercios de escala grande y la clínica le pagan un tercero por recolectar sus RSU, beneficios económicos a sectores vulnerables con el 14% donde dicha actividad lo realizan los centros de acopio, recolectores de residuos orgánicos y grasas, por último la generación de nuevos empleos con el 6% que no lo han incorporado en la actividad, así como las multas por mal manejo de RSU que no ha sido representativo.

3.2.4.3 Costos

En la tabla 3.41, se muestran los costos totales que los agentes de cambio atribuyen en su conjunto; con los ajustes por peso muerto, atribución y decrecimiento.

Tabla 3.41 Costos totales descontados en \$, MX

Conceptos/ Porcentajes	Peso Muerto	Atribución	Decrecimiento	Impacto Tot
Integración, sensibilización de la población y creación de la cultura de reciclaje				
Los bonos intercambiables son un incentivo para fomentar el reciclaje en los hogares	0	0	0	208,800.00
Los residentes de los hogares capacitados separan los RSU y barren sus calles	0	0	0	150,000.00
La población separa sus RSU	0	0	0	1,276.55
Los trabajadores de comercios se capacitan para separar RSU	0	0	0	65,000.00
Educación ambiental hacia el reciclaje, casa por casa	0	0	0	200,000.00
Organización Empresarial				
La administración de recursos humanos es funcional para el manejo de RSU mediante capacitación	0	0	0	8,000.00
Existe supervisión del manejo de RSU	0	0	0	96,000.00
Se agrega al departamento de publicidad del municipio un apartado para tener la ciudad limpia y fomentar la separación de RSU	0	0	0	100,000.00
Cantidad pagada al RESA-CIR anual (reducir el 55%)	0	0	0	654,000.00
Generación de nuevos empleos en el sector de residuos				
El CIR genera nuevos empleos por atender 1 municipio	0	0	0	654,000.00

Los productores de chicharrón pagan dos salarios para producir biogás	0	0	0	144,000.00
Pago al Centro de Composta regional				
Pago por composteo de residuos orgánicos de tianguis	0	0	0	86,400.00
Incorporación de la industria				
Precio por la planta CIR regional por 1 municipio	0	0	0	1,500,000.00
Precio por la planta de valorización de plásticos por 1 municipio	0	0	0	300,000.00
Precio de la planta de producción vehicular de residuos cármicos	0	0	0	3,000,000.00
Formalización del sector RSU				
Centro de acopio 1 cumple con la ley	0	0	0	30,000.00
Respetar legislación ambiental				
La PROPAEM clausura empresas por mal manejo de RSU.	90	90	20	200.00
COSTOS TOTALES				7,210,776.55

Los mayores costos lo gastan en la incorporación de la industria con el 67%, seguido de la organización empresarial con el 12%, generación de nuevos empleos con el 11%, integración de la población y sensibilización con el 9%, pago al Centro de composta con el 1% que representan innovaciones porque nadie ha realizado dichas actividades, así como la formalización del sector RSU y respetar la legislación ambiental que no han sido representativos.

3.2.5 FASE V. Cálculo del SROI

Una vez calculados los cambios principales, tanto de los ingresos totales de \$11.802,527.00, como de los costos totales del orden de \$7,210,776.55, se efectuó la proyección financiera para el periodo 2020-2024. En la Tabla 3.42, se desglosan los ingresos y los costos de los principales cambios en cinco años, con una tasa de descuento del 3%, propuesta por el economista Nicholas Stern (Stern, 2007).

Tabla 3.42 Cálculo del SROI a cinco años

INGRESOS	Cálculo del Retorno Social (USD) (tasa de descuento 3% STERN)				
	2022	2023	2024	2025	2026
Respeto leyes locales	53,495.15	51,937.03	50,424.31	48,955.64	47,529.74
Los ciudadanos y comercios son responsables	747,914.56	726,130.64	704,981.21	684,447.77	664,512.40
Disminución de envíos al RESA	661,864.08	642,586.48	623,870.37	605,699.39	588,057.66
Beneficios para sec. vulnerables	361,145.53	350,626.73	340,414.30	330,499.32	320,873.13
Incorporación de la Industria	4,248,862.14	4,125,108.87	4,004,960.07	3,888,310.75	3,775,058.98
Servicio social jóvenes	521,405.83	506,219.25	491,475.00	477,160.19	463,262.32
Hacer composta con RSO	1,966,019.42	1,908,756.72	1,853,161.86	1,799,186.27	1,746,782.79
INGRESOS TOTALES	8,560,706.70	8,311,365.73	8,069,287.11	7,834,259.33	7,606,077.02

COSTOS	2022	2023	2024	2025	2026
Cultura de reciclaje	619,977.24	601,919.65	584,388.01	567,367.00	550,841.74
Organización empresarial	198,058.25	192,289.57	186,688.90	181,251.36	175,972.19
Nuevos empleos	774,757.28	738,618.15	703,926.96	670,630.02	638,675.54
Pago por composteo de residuo orgánico de tianguis	83,883.50	81,440.29	79,068.24	76,765.28	74,529.40
Incorporación de la industria	4,660,194.17	4,072,014.33	3,514,143.97	2,985,316.48	2,070,261.08
Formalización del sector RSU	29,126.21	28,277.88	27,454.25	26,654.61	25,878.26
Legislación ambiental	-194.17	-188.52	-183.03	-177.70	-172.52
Cantidad pagada al CIR-RESA	634,951.46	616,457.72	598,502.65	581,070.53	564,146.14
COSTOS TOTALES	7,000,753.93	6,330,829.06	5,693,989.95	5,088,877.58	4,100,131.85

Como se muestra en la tabla 3.43, se alcanzaron los valores descontados de los ingresos totales, menos los costos totales en cada año para conseguir el VAN (Ec.1), resultando de \$4,591,750.45MX. Finalmente, el SROI de 1.35, dividiendo el VAN entre la inversión total que fue de \$12,310,152.00 (Ec.2).

Tabla 3.43 Retorno Social de Inversión \$ MX

Años	2020	2021	2022	2023	2024
Valores Reducidos	\$ 2,491,991.60	\$ 2,885,428.74	\$ 3,253,833.16	\$ 3,598,329.32	\$ 4,334,049.61
VAN					\$ 16,563,632.42
Retorno Social					1.35

El retorno social de la inversión indica que, por cada peso invertido, se recuperarán 35 centavos. El cociente debe ser mayor a 1 y mayor a la tasa propuesta por Stern (2007) de 0.3. El SROI obtenido para el Programa de limpia pública del municipio de Mexicaltzingo con apoyo de otros actores locales y regionales, es muy sustentable financiera, social y ambientalmente. Por lo que es trascendental invertir en este tipo de sectores para que las generaciones futuras no se vean afectadas (Hochstrasser et al.,2022).

3.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

ETAPA 1. DIAGNÓSTICO

Encuesta a servidores públicos

Indicadores

De acuerdo con Olay (2020), los indicadores transversales requieren reglamentos en materia de residuos, así como capacitar el personal y elaborar un PMPGIRSU que ayude a incorporar acciones concretas en cada una de las etapas del sistema. Además, que es imprescindible conocer el presupuesto con el que se cuenta para gestionar los RSU. Por otra parte, Turcott (2018), menciona que la mayoría de los municipios en vías de desarrollo tienen un control económico deficiente, influido por la nula autonomía organizacional de los departamentos de gestión de residuos. En la investigación de estudio se encontró una ausencia de gobernanza, diagnósticos, normas, sanciones, acciones en materia de educación ambiental, falta de coordinación, cooperación, disponibilidad pública de la información; además, cuentan con un presupuesto para la gestión de residuos, sin embargo, es bajo comparado el presupuesto municipal, por lo que el costo por tonelada, así como de otros gastos indispensables están por debajo de lo ideal, esto debido en parte a que no existe un cobro por el servicio en los hogares, así como de otros factores.

Análisis FODA

Debilidades

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2020); Islas *et al.* (2016) los resultados de la matriz FODA en Bogotá Colombia y en Miranda Venezuela, son muy similares a las de este estudio, ya que consideran que las debilidades es la falta de interés de los funcionarios, rotación de personal, falta de procedimientos en el manejo de separación, carencia de responsabilidad social, herramientas obsoletas, falta de planeación en el urbanismo, poco recurso humano y económico dedicados a la gestión de RSU, falta de estrategia ambiental. Por otra parte, Shafaghi *et al.* (2021), en Khorasan Razavi en Irán presentan inadecuadas condiciones físicas para el programa, crisis económicas, débil cooperación con los departamentos locales, falta de atención a los habitantes, dispersión en decisiones, falta de entendimiento del plan, poca participación con los habitantes. En el caso de estudio no se cuentan con un plan, reglamento y programa de MIRSU,

no existe una planeación para realizar la separación de residuos, no cuentan con centro de acopio, transferencia y tratamiento para sus RSU,

Oportunidades

Con respecto a los resultados de Rodríguez *et al.* (2020) son la descontaminación ambiental, recuperación y transformación de la basura, generación de empleos, cambio en la legislación, elaboración de documentos en temas ambientales, motivación de los habitantes en pro del aprovechamiento de RSU. Por lo contrario, Shafaghi *et al.* (2021) incluye al sector privado en la implementación de la gestión de RSU, incremento de conocimiento de los gobernantes y mercados para reciclar, creación de empleos, existencia de leyes y herramientas para el control de la gestión de RSU, existencia de nuevas tecnologías en la gestión de RSU, información referente al tema en la televisión y radio. En el caso de estudio existen oportunidades de mejora, si la dirección de limpia gestiona la separación de los residuos. Éstos pueden ser una fuente de nuevos ingresos, empleos, Pymes de reciclaje y de reducir el envío de los RSU a los RESAS o los sitios controlados, lo que conllevaría a un ahorro significativo en los costos de operación.

Amenazas

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2020); Armitano *et al.* (2016), los resultados de la matriz FODA, son muy similares a las de este estudio tales como el cambio en la legislación en temas ambientales, incumplimiento de recicladores, falta de apoyo por parte del gobierno, variación en el precio de compra de los residuos aprovechables, proliferación de vectores productores de enfermedades, pérdida de recursos naturales, incumplimiento legal ambiental, ausencia de planes educativos en material ambiental. En el caso de estudio, existe poco interés por el tema, los rellenos sanitarios están a poco límite de sus capacidades, contaminación ambiental progresiva, enfermedades en la población, falta de tratamiento de los biosólidos, cambio de gobierno cada 3 años.

Fortalezas

Con respecto a los resultados de Rodríguez *et al.* (2020) la mayoría de los desperdicios son residuos aprovechables, personal con conocimiento en tema ambiental y legal. Por otra parte, Shafaghi *et al.* (2021), hay evaluación constante de satisfacción con la empresa privada, existencia de planes a corto y mediano plazo. En el caso de estudio existe interés y apoyo por

parte de los departamentos de servicios públicos y medio ambiente para realizar proyectos alternativos.

Aplicación de cuestionarios a la población

De acuerdo Armijo *et al.* (2012), algunos dictámenes de la población de Ensenada respecto al manejo de los residuos sólidos han cambiado entre 2005 y 2011. Estos cambios son positivos ya que revelan un mayor alcance de lo que representan los residuos, desarrollando su percepción e incluyendo en su definición más aspectos de valorización o de utilidad de los RSU. Estos cambios se dejan ver por las diversas iniciativas que tanto el gobierno, así como por organizaciones no gubernamentales y por instituciones educativas han puesto en marcha. Destacando las actividades de propagación de información entre la ciudadanía, quienes deben involucrarse por medio de programas de separación y acopio. La percepción ciudadana mejora si existe más información, si se perfecciona la recolección y la cobertura. Es sustancial recalcar que entre más trabaje el gobierno municipal con la ciudadanía sobre la percepción, la buena gestión de los RSU acrecienta por la participación de los generados en prácticas de manejo.

De acuerdo con Tumi *et al.* (2012). Los conocimientos que posee la población urbana de la ciudad en Perú sobre la disposición de los residuos sólidos como etapa fundamental de la gestión integral, así como sobre la secuencia lógica de su gestión y lo relativo a tópicos específicos de la gestión de residuos sólidos es insuficiente y diferenciado; situación que está condicionado por la profundidad de los tópicos considerados, así como por el grado de instrucción, la articulación institucional y el grado de educación ambiental que se promueve en la población urbana.

En el caso de estudio, la población tiene desconocimiento del costo ambiental, económico y social que representan los RSU. Una gran parte de la población está dispuesto a obtener capacitación y pertenecer a un comité para hacer un manejo adecuado de sus residuos. El 50% de la población considera que tanto el ayuntamiento y los ciudadanos son responsables de la separación de residuos. Estos no separan sus residuos por falta de tiempo e información. Además, de que les gustaría intercambiar sus residuos reciclables por algún incentivo del gobierno y a la par consideran que es adecuado cobrar a casa habitación y comercios para mejorar el destino final de los RSU, así como mejorar la limpieza de la ciudad. Sin embargo, no existe esa integración con la población por lo que el cambio no se ve reflejado.

Estudio de caracterización

De acuerdo con Hernández *et al.* (2016), en América Latina los estudios de generación en los países de estudio indican que existe una tendencia hacia la disminución de contenidos de la Fracción Orgánica, pero esta fracción continúa siendo predominante, también existen diferencias estacionales, económicas y regionales. Además aumentó la producción de plásticos y se observó un decremento en la presencia de vidrio.

En Metepec los Residuos Orgánicos representaron 37.45%, seguido de la Fracción Resto 34.44% y Residuos Reciclables 29.83%. En Mexicaltzingo los Residuos Orgánicos representaron 49.40% seguido de la Fracción Resto 34.45% y Residuos Reciclables 29.83%. Por lo que se puede constatar que los Residuos Orgánicos son los de mayor proporción, esto dependiendo del nivel económico del lugar. Cabe mencionar que los hábitos de consumo de la población están variando por productos industriales, lo que está conllevando a generar residuos con un periodo de vida más largo para degradarse.

ETAPA 2 APLICACIÓN DEL MODELO

De acuerdo con Aguilar *et al.* (2015), una población en específico es susceptible, con esto se puede alinear los esfuerzos tanto de los gobiernos, las empresas y la ciudadanía, las campañas publicitarias serán más eficientes y en la logística que se emprenda.

De acuerdo con Niño *et al.* (2017), la relación entre actores se evidencia como conflicto una baja comunicación, y como factor relevante se destaca que el estado no tiene una percepción ajustada a la normatividad vigente respecto a las competencias que le corresponden, lo que da cuenta de una política municipal debilitada y la gran cantidad de aspectos por mejorar, aunque existe una noción acorde al concepto de gestión de residuos sólidos.

La empresa privada, tiene claridad al respecto, pero no hace grandes propuestas en cuanto a su participación en el mejoramiento del sistema actual. Los tres grupos de actores coinciden en que la comunidad es principalmente el origen del problema, lo que es positivo en la medida en que las partes implicadas irían en la misma dirección en la búsqueda de soluciones, y es de distinguirse que la comunidad manifiesta disposición a participar y cooperar, reconociendo su papel fundamental. Acercarse a la percepción de los tres grupos de actores se constituye como un proces esencial para conocer desde dónde se pueden generar los cambios en lo cotidiano, en

la concienciación de lo que es importante o no, y los conceptos que manejan, como un aspecto a considerar en el diseño de programas de educación ambiental y diferentes iniciativas a nivel municipal para el fortalecimiento de la política de gestión de residuos sólidos (Hochstrasser *et al.*, 2021).

La participación comunitaria es un reto pues a pesar de que existen iniciativas en este tema, no existe una organización comunitaria. La población conoce el contexto y las condiciones locales para el desarrollo de propuestas participativas de solución, cuentan también con experiencias en el manejo de los residuos a partir de las cuales se podrían desarrollar proyectos de MIRSU, mediante un esquema participativo, determinado por la comunidad, que contemple la capacitación. El desarrollo de la campaña de reciclaje, fundada en el diseño gráfico y desarrollo de actividades pedagógicas, sirve a la población como método para gestionar una nueva cultura de compromiso y responsabilidad con el medio ambiente por medio de la práctica de reciclaje desde la fuente, para el aprovechamiento residuos sólidos que pueden ser reutilizados, esto es viable para la economía, ya que los requerimientos de insumo y energía en estos procesos son más bajos en comparación con la transformación de materia prima (Hochstrasser *et al.*, 2021).

De acuerdo con Peralta *et al.* (2012). El proceso educativo debe ser integro, encaminado al provecho de conocimientos, desarrollo de hábitos, habilidades, capacidades, actitudes y fortalecimientos de valores morales y éticos. La familia y los centros educativos son los ejes básicos para un cambio de actitud ambiental que permitan aumentar la calidad de vida de los pobladores. La información, comunicación y capacitación son los factores que incidirán de manera relevante en el proceso de sensibilización ambiental.

De acuerdo con Yacaman *et al.* (2011) demostraron que es necesario, viable y factible un modelo de centro de acopio para el material reciclable generado por los supermercados de la ciudad por medio de su actividad económica aporten medidas que incrementen el desarrollo de la sociedad por medio de la economía de recursos y energía, la reducción de basuras, la generación de empleo.

Además, es necesario que el Gobierno Distrital, incentive de manera articulada la participación de los supermercados y otros entes del Gobierno Distrital en estrategias de mitigación de impactos ambientales por medio de herramientas de la Gestión Ambiental Empresarial, de tipo técnico y económico- financiero (Hochstrasser *et al.*, 2021)..

Para el caso de estudio, existe una gran oportunidad para los municipios de México, si los grupos de interés separarán sus residuos reciclables y residuos orgánicos mediante la integración de estos en la gestión de RSU. Lo que representaría una reducción en los envíos a los RESA, lo que conllevaría disminución de gastos y generación de ingresos propios. Es importante involucrar a los interesados, a fin de que se concienticen de la problemática y vean nuevos productos y servicios en beneficio al medio ambiente, inclusive en sus economías. La experiencia de ambos municipios fue muy interesante, ya que se capacitaron a diferentes actores, teniendo buena aceptación entre estos. La participación ciudadana fue clave. Se demostró que es posible hacer un cambio de hábitos, si se les explica por qué hacerlo, además de darle un valor a los residuos en beneficio de sus necesidades. Es posible integrar a la población, mostrándoles los beneficios e incentivos que puede tener.

Por otra parte, el apoyo de los jóvenes capacitados es primordial para poder llegar a los ciudadanos casa por casa, mediante incentivos de horas de servicio social para estudiantes de nivel medio y superior. Mientras más jóvenes se tenga para capacitar, menor será el tiempo de capacitación en la población objetivo.

Además, es importante hacer una planeación diferenciada en su colecta. Sin embargo, mucho dependerá de la apertura de sus líderes, sobre todo que cuenten con la experiencia necesaria en el puesto de trabajo. Es necesario hacer una planeación de las rutas y los días de acopio de los reciclables, no perdiendo en cuenta los centros de acopio fijos ejemplo las escuelas, las iglesias entre otros. Así como aumentar el acopio de residuos reciclables en zonas comerciales, ya que su producción de residuos es mayor.

ETAPA 3. EVALUACIÓN

Tasa Social de Descuento

Emerson (2000), hizo una prospección en la inversión de organizaciones sin fines de lucro donde hizo una variación en la tasa de descuento (social) del 0% al 25%, donde se confirma que mientras más bajo es la tasa, el SROI es más alto. La mayoría de los autores han abordado estas Tasas Sociales de Descuento TSD de manera descriptiva basándose en la utilización del Valor Presente Neto (VPN), a través del cual el futuro es menos valioso que el presente donde la TSD es fija o constante (Gonzalo, 2016). En México la tasa social de descuento TSD es del 12% (Gobierno

Federal, 2022). Sin embargo, en el caso de estudio se aplicó una TSD del 3% de acuerdo con lo propuesto por Stern (2007), ya que actualmente existe mayor interés por evaluar proyectos ambientales cuyas consecuencias se producen en fechas bastante más allá de los 20 o 30 años Weitzman (2001). Por lo que es importante reconsiderar la baja de dicha TSD en países en desarrollo.

Stakeholders

Los grupos interesados en la GIRSU son los agentes de cambio, como lo reportan los trabajos (Sujauddin *et al.* (2008); Shekdar, (2009); Geng *et al.* (2009); Tai *et al.* (2011). González & Diaz (2005) mencionan que se deben incluir las influencias sociales para verificar una adecuada gestión. Así como además de integrar a expertos en RSU y estudiantes; sumar a los segregadores informales, a los centros de acopio y a las microempresas, con el objetivo de trabajar en conjunto para realizar un adecuado manejo de los RSU (Sharholy *et al.*, 2008). Sujauddin *et al.* (2008) menciona que es importante incluir a los hogares en la gestión de RSU. En este trabajo se tuvo comunicación con los siguientes grupos de interés: residentes (jefes de familia), Pymex y grandes Empresas, tianguis y mercados, Asociaciones (iglesia), autoridad local, Empresas expertas en RSU, Centros de Acopio, RESA, Segregadores, Procuraduría de Protección del Medio Ambiente (PROPAEM), escuelas, jóvenes becarios del gobierno federal, Centro de valorización de residuos cárnicos, Clínica, Centro Integral de Residuos (CIR), Centro de Compostaje, recolectores de residuos orgánicos, recolectores de grasas de cerdos, para poder realizar el SROI y proyectar las opciones de cambio para lograr una correcta GIRSU entre estos.

Cuotas

El municipio de Orizaba Veracruz gracias a su gestión constante con los diferentes actores, han logrado tener planes y programas de limpia publica donde el 90% de los hogares pagan su cuota anual, así como los comercios, tienen el programa de bonos por predial (BYP), se pagan multas. La autoridad local paga para que una empresa realice el compostaje los residuos orgánicos. Sin tener que concesionar este servicio (Orizaba, 2014). A diferencia de los casos de sistemas tarifarios en Mérida, Yucatán y en Tehuacán, Puebla, donde este servicio ha sido concesionado (SEMADET, 2018). En el caso de estudio se encontró que en México existe poca gestión entre las autoridades locales y sus actores, ya que no tienen planes ni programas de limpia publica, ni se hace cobro por recolección, mucho menos incentivos para que la población separe sus RSU

desde origen, además no existe respeto por las leyes ambientales. No existe fomento para emprendedores en el sector y existe muchos intereses y conflictos políticos. Por lo que la tendencia es concesionar dicho servicio por falta de visión entre sus gobernantes. Es necesario el cobro por el manejo y gestión de RSU a los residentes, ya que el presupuesto es insuficiente. Sin embargo, por cuestiones políticas en la mayoría de los municipios en México no se cobra.

Bonificación

En Orizaba existe el programa bonos por predial BYP para incentivar a los ciudadanos a separar sus RSU (Orizaba, 2014). De acuerdo con Puig (2002), en Europa sus leyes pueden establecerse exenciones y bonificaciones por motivaciones sociales, hacia los ciudadanos la cual puede ser una técnica útil para hacer valer el principio de capacidad económica. En otros países cuentan con máquinas de reciclaje en zonas públicas, o bien en el interior de los supermercados, que benefician a las personas que contribuyen a realizar un reciclaje eficaz mediante el reembolso de parte del dinero pagado por ciertos envases, o bien por la obtención de descuentos en transporte público o incluso en compras. Este sistema se emplea para el reciclaje de latas, vidrios, botellas de plástico, etc. y se conoce como Reverse Vending "venta inversa" (Gonzales, 2018). Para el caso de estudio, se concluye que es necesario implementar una bonificación a los residentes y comerciantes para que separen sus residuos reciclables.

Penalización

Algunos municipios; como Orizaba Veracruz, existe una multa administrativa que va de veinte a sesenta mil días de salario mínimo general y que está publicada en el Reglamento de Limpia Pública de Orizaba (Orizaba, 2014). En Guadalajara los comercios que generen más de los 3 kg diarios deberán contar con un contrato de servicio de recolección con una empresa privada. Si no cuenta con contrato será acreedor de una multa que irá de los 3,859.00 a 8,269.00 pesos (SEMADET, 2018). Un ejemplo internacional de multa es el caso de Suiza, donde por deshacerse de 5kg de RSU sin reciclar tiene un costo entre 2 y 3 dólares (Lyrsa, 2018). En el caso de estudio, es necesario penalizar el mal manejo de RSU tanto a los residentes, comerciantes, industrias.

Centros especializados de manejo de RSU

En el Estado de México se publicaron en el periódico oficial "Gaceta del Gobierno" dos Proyectos de Normas Técnicas Estatales Ambientales NTEA-20-SeMAGEM-RS (Gobierno del Estado de México, 2020) y NTEA-21-SeMAGEM-RS (Gobierno del Estado de México, 2021),

donde se podrá establecer Regiones Ambientales y Centros Integrales de Residuos CIR en cada región y coordinarse en esta materia con los municipios, a través de los convenios respectivos, en términos de las disposiciones jurídicas aplicables. Estos CIR o Instalaciones que usen como combustible materiales provenientes de Residuos Sólidos Urbanos o de Manejo Especial Ubicadas en el Estado de México como fuente principal o secundaria para la generación o cogeneración de energía eléctrica o térmica.

En el caso de estudio, se constata que es importante crear Centros especializados para el correcto manejo y separación de RSU. En municipios grandes es posible contar con el presupuesto para generarlo, en municipios medianos y pequeños se sugiere crear el Centro Integral de Residuos (CIR) de escala regional para poder llevar a cabo el correcto destino final de los RSU.

Capacitación

González & Díaz (2018), aseveran que las influencias sociales, los factores altruistas y reguladores, son algunas de las razones por las cuales en ciertas comunidades se desarrollan fuertes hábitos de reciclaje. Además, mencionan incluir las influencias sociales para verificar una adecuada gestión. Así como además de integrar a expertos en RSU y estudiantes, sumar a los segregadores informales, a los centros de acopio y a las microempresas, con el objetivo de trabajar en conjunto para realizar un adecuado manejo de los RSU (Sharholy *et al.*, 2008).

Es importante que la población en general conozca el problema que conlleva confinarlos de manera inadecuada y los riesgos de salud que esto implica, tal como lo menciona Sujauddin *et al.* (2008) al incluir a los hogares en la gestión de RSU.

En el caso de estudio se pudo constatar que es importante capacitar a la población objetivo, enfatizando la educación ambiental a través de programas dirigidos a la población, y el fomentar la cultura del reciclaje, a fin de inducir la gestión de sus RSU y que separen desde origen para poder llevar la gestión adecuada hacia el reciclaje (Hochstrasser *et al.*, 2021).

4 CONCLUSIONES

Se pudo confirmar la hipótesis de investigación, que si “Es posible mejorar el GIRSU en municipios mediante la aplicación del modelo optimizado y que este sirva como ejemplo para la gestión intermunicipal y otros municipios de mayor tamaño”.

A continuación, se presentan las conclusiones por fases:

FASE 1. Diagnostico

No existe una planeación para realizar la separación de residuos desde la colecta, lo que ha generado indiferencia en la población para separar y reciclar sus residuos, además los trabajadores del servicio de colecta de RSU del municipio, no cuentan con una orden para separar los residuos. No se cuentan con un reglamento y programa de MIRSU en ambos municipios. Existen oportunidades de mejora, si la dirección de limpia gestiona la separación de los residuos, ya que éstos pueden ser una fuente de nuevos ingresos, empleos, Pymes de reciclaje y de reducir el envío de los RSU a los RESAS o los tiraderos a cielo abierto, lo que conllevaría a un ahorro significativo en los costos de operación.

De acuerdo con los indicadores tanto de gobernanza, económicos, sociales y ambientales se puede apreciar que gran parte de estos están en rojo, por lo que actualmente se carece de una planeación adecuada. Por lo que existe una gran oportunidad para los municipios de México si reciclaran sus Residuos Reciclables y pudieran compostear los residuos orgánicos. Lo que representaría una reducción en los envíos a los RESA, lo que conllevaría una disminución de gastos y generación de ingresos propios. Además, es indispensable apostar a proyectos de innovación, investigación de residuos, de manera tripartita.

FASE 2. Aplicación Modelo

Es importante mostrar a los habitantes los daños ambientales que provocan sus residuos a fin de que apoyen a las iniciativas de cambios de conducta para separar sus residuos desde origen. La población participara si se les explica y se les da incentivos a fin de que separen sus residuos, por lo que los municipios deben alentar a su población para llevarla a cabo. Dichas pruebas modelos tuvieron éxito gracias a la correcta gestión entre sus participantes.

FASE 3. Aplicando el SROI para valoración social

Se reconocieron cambios a través de indicadores y variables proxy, que acceden a la medida de ingresos y costos que antes no se podían contabilizar. Esto redundó en que los proyectistas de política, administradores públicos y evaluadores del sector social para programas parecidos que tengan elementos fiables para la mejor toma de decisiones.

Así, esta metodología permite prosperar en el planteamiento de mecanismos, estrategias y tecnologías capaces de aminorar el problema, y poder articular a los agentes de cambio en la gestión de los RSU. Lo que resulta una herramienta manejable para que los gobiernos puedan medir el valor social y poder identificar, adjudicando un valor monetario en lo social, económico y ambiental, de los ingresos y costos creados por una o varias organizaciones.

Los grupos de interés sugeridos son: los residentes de Mexicaltzingo, los comercios (pequeños, medianos y grandes), el tianguis, las asociaciones (iglesias), la clínica y/o hospitales, la autoridad local, el Centro Integral de Residuos CIR, los RESAS, el centro de compostaje, la empresa productora de diésel a partir de plásticos, el centro de acopio local, los segregadores informales, los recolectores de orgánicos y de grasas de cerdo, la PROPAEM, escuelas, estudiantes, y los jóvenes becados por el Gobierno Federal, quienes se completan al proyecto, y en conjunto ejecutan actividades para conseguir los cambios principales de acuerdo a diferentes enfoques, para obtener el desarrollo de la GIRSU desde el punto de vista de gobernanza, económico, social y ambiental.

Con respecto a las actividades y los resultados en el mapa de cambios, se enfatiza: respeto a legislación ambiental, organización empresarial, generación de nuevos empleos, inscripción de la industria, mayor compromiso del manejo de los residuos por parte de los ciudadanos y comercios, creación de la cultura del reciclaje, formalización del sector, beneficios para mejorar ciertos sectores vulnerables, integración de la juventud, disminución de envíos de RSU al RESA, producción y pago de composta, así como la colecta de residuos altamente contaminantes.

En el plano técnico, representa el conocimiento en la formulación de toma de decisiones para el apoyo a proyectos operativos sobre la GIRSU, que permiten reembolsar a la sociedad beneficios sociales y ambientales.

Algunas restricciones de esta investigación son: que no se precisa la forma de cómo edificar las capacidades de aprendizaje social para el manejo de los RSU, ni se une la perspectiva de los

beneficiarios, ni se aborda la perspectiva holística medioambiental. Quedan aplazado también, aspectos sobre el bienestar y comportamiento del individuo ante los cambios, así como un estudio sobre los efectos y modificaciones en la estructura presupuestal administrativa municipal. Asimismo, de la estandarización de los materiales de captación de información para cualificar y cuantificar las variables *proxy*.

También queda incompleto desarrollar aspectos técnicos tales como: el tipo de maquinaria, infraestructura y técnicas de composteo, entre otras. Temas que pueden ser planteados como líneas de investigación futura para investigadores, proyectistas de política y demás actores sociales implicados en el tema de los RSU. Efectivamente, la dificultad y los retos que atribuye llevar a la práctica, este tipo de proyecto escapa a este estudio, el cual demandará del desarrollo de capacidades sociales que se irán construyendo en la medida que se avance en la conciencia individual de cada ciudadano. Por último, retomando a (Stern, 2006), es importante hacer un sacrificio de la generación actual por un incremento en el bienestar de las generaciones futuras. Por lo que hacer inversiones en la Gestión de RSU en conjunto con los grupos de interés, será de relevancia para las generaciones futuras.

CONCLUSIONES POR MUNICIPIO

METEPEC

El departamento de limpia pública del municipio de Metepec tiene un gran potencial para desarrollar programas enfocados:

1. Al desarrollo de leyes, planes y programas municipales para llevar a cabo la separación de residuos y el posible cobro por recolectar los RSU de casas habitación, comercios.
2. Al desarrollo de proyectos para reciclar los residuos, ya que cuenta con una población consumista que genera diversos RSU, los cuales pueden ser aprovechados y se pueden obtener beneficios tanto económicos, políticos, sociales, ambientales, los cuales pueden participar en la separación de residuos por medio de compensaciones ya sea por bonos intercambiables, despensa, dinero, descuentos.
3. A la educación continua en las escuelas, residentes, comercios, personal de limpia pública, segregadores informales para llevar a cabo la correcta separación. Mediante la

capacitación de estudiantes que realizan estancias, servicio social y jóvenes del programa construyendo México.

4. Al impulso de nuevas tecnologías para aprovechar los residuos, tal como es el caso de los plásticos transformados en gasolina y diésel, que lamentablemente por cambio de gobierno no se le dio la continuidad adecuada.
5. Al desarrollo de compostaje de residuos orgánicos de los mercados, tianguis, restaurantes.
6. Al acercamiento de proyectos regionales para desarrollar proyectos de escala mayores para desarrollar tecnologías como producción de energía.

MEXICALTZINGO

El departamento de limpia pública del municipio de Mexicaltzingo tiene un gran potencial para desarrollar las siguientes actividades.

1. Desarrollo de planes y programas para llevar a cabo la separación de residuos y el posible cobro por recolectar los RSU de casas habitación, comercios.
2. A la cooperación con Centros de Acopio y segregadores informales para fomentar el reciclaje.
7. A la educación continua en las escuelas, residentes, comercios, personal de limpia pública para llevar a cabo la correcta separación. Mediante la capacitación de estudiantes que realizan estancias, servicio social y jóvenes del programa construyendo México.
3. Al impulso de nuevas tecnologías para aprovechar los residuos cárnicos por medio de cooperación entre sus comerciantes y el rastro municipal.
8. Al desarrollo de compostaje de residuos orgánicos de los mercados, tianguis, restaurantes.
9. Al acercamiento de proyectos regionales para desarrollar proyectos de escala mayores para desarrollar tecnologías como producción de energía.

CRONOGRAMA

Actividades que realizar por objetivos	Tiempo																																															
	1er año (AGO-DIC18-ENE-JUN19)												2do año (AGO-DIC19-ENE-JUN20)												3er año (AGO-DIC 20-ENE-JUN21)												4to año (AGO-DIC21-ENE-JUN22)											
Consulta de fuentes bibliográficas	[Green blocks]																																															
Conocer modelos de GRSU, caso Orizaba y municipios de estudio	[Green blocks]																																															
Gestión ante municipios Encuestas, Metepec y Mexicaltzingo	[Green blocks]																																															
Platicas de educación ambiental y caracterización de RSU Metepec	[Green blocks]																																															
Gestión con Empresas recolectoras de residuos RR, RME, RSO	[Green blocks]																																															
Realizar estudios socioeconómico y ambiental Metepec	[Green blocks]																																															
Aplicación modelo en Metepec	[Green blocks]																																															
Formulación y envío de primer artículo científico (caso Metepec)	[Green blocks]																																															
Platicas de educación ambiental y caracterización de RSU Mexicaltzingo	[Green blocks]																																															
Realizar estudios socioeconómico y ambiental Mexicaltzingo	[Green blocks]																																															
Asistir a Congresos	[Green blocks]																																															
Aplicación Modelo Mexicaltzingo	[Green blocks]																																															
Formulación y aceptación de 2do artículo científico	[Green blocks]																																															
Obtención de grado	[Green blocks]																																															[Red block]

5 REFERENCIAS -

- Aguilar, O. Posada, R. Peña, N. (2015). Estudio longitudinal sobre el comportamiento de los habitantes de fraccionamientos ante la intervención en las prácticas del reciclaje. Caso Querétaro, México.
https://www.researchgate.net/publication/301287296_Estudio_longitudinal_sobre_el_comportamiento_de_los_habitantes_de_fraccionamientos_ante_la_intervencion_en_las_practicas_del_reciclaje_Caso_Queretaro_Mexico
- Aguilar, Q. Armijo, C. Taboada, P. (2016). Potencial de recuperación de residuos sólidos domésticos dispuestos en un relleno sanitario.
<http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n32/n32a3.pdf>
- Ali, M., Qureshi, M.I. y Mustapha, I. (2019). "SROI in Social Enterprises: A Systematic Literature Review of Recent Trends and Future Agenda", Dana, L.-P. and Ratten, V. (Ed.) Societal Entrepreneurship and Competitiveness, Emerald Publishing Limited, pp. 203-226. <https://doi.org/10.1108/978-1-83867-471-720191014>
- Andreadakis, D. Razis, Y. Habjibiros, K. Christoulas, G. (2000). Gestión de residuos sólidos municipales en Grecia. DOI: 10.1007 / 978-94-015-9476-9_6
- Armijo, C. Puma, A. Ojeda, S. (2012). El conocimiento de una ciudad mexicana sobre el problema de la basura.
<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/34906>
- Armitano, A. García, G. Liscano, P. López, I. Moreno, R. Pacheco, C. Ramírez, P. (2016). Programa de aprovechamiento y tratamiento de los residuos sólidos doméstico del sector Care de Guatire, Estado Miranda, Venezuela.
<https://www.redalyc.org/pdf/904/90453464003.pdf>
- Ayuntamiento del Municipio de Metepec 2019-2021(2019). Plan de desarrollo Municipal 2019-2021.
https://metepec.gob.mx/pagina/documentos/PlanDesarr/PDM_2019_Finanzas_WEB.pdf
- Ayuntamiento del Municipio de Mexicaltzingo 2019-2021(2019). Plan de desarrollo Municipal 2019-2021.
https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo3/2019/42987/1/f5be63b2855a375f6292d6c625363603.pdf
- Avendaño, E. (2015). Panorama Actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. Análisis del caso Bogotá D.C. programa basura cero. (Tesis de ingeniería). Instituto Tecnológico de Minatitlán.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3417/79911240.pdf;jsessionid=E1C08585EC4096BCE7E6D905F0721E77.jvm1?sequence=1>
- Berent, M. (2004). Mejoramiento en la gestión de residuos sólidos urbanos en pequeñas ciudades del NEA. El caso de Leandro N. Alem, Misiones.
<https://revistas.unne.edu.ar/index.php/crn/article/view/1758/1513>
- Buclet, N., Defeuilley, C., & Lupton, S. (2000). Municipal waste management in France.
https://doi.org/10.1007/978-94-015-9476-9_4
- Caparrós (2007). El Informe Stern sobre la Economía del Cambio Climático, 16 (1):124-125. [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7695/1/ECO_16\(1\)_15.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/7695/1/ECO_16(1)_15.pdf)

- Chávez. (2015). Gestión de Residuos en México. SEMARNAT. <https://www.ijf.cjf.gob.mx/cursosesp/2015/DiploDerambiental/GESTION%20DE%20LOS%20RESIDUOS%20EN%20MEXICO.pdf>
- Consejo Nacional de Población. [CONAPO]. Zona Metropolitana de Toluca: Población, tasa de crecimiento y densidad media urbana, 1990-2010. <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/2010>
- Contreras, A. (2017). Programa Intermunicipal para la prevención y gestión Integral de Residuos Urbanos para la región II del Estado de México. (Tesis de licenciatura). <http://hdl.handle.net/20.500.11799/67520>
- Dasgupta, S. P. (2006). Commentary: The Stern Review's Economics of Climate Change. *National Institute Economic Review*, (199), 4–7. <http://qed.econ.queensu.ca/pub/faculty/garvie/econ443/debate/dasgupta%20commentary%20stern%20review.pdf>
- Desmond, M. (2006). Municipal solid waste management in Ireland: Assessing for sustainability. *Irish Geography*, 39(1), 22–33. <https://doi.org/10.1080/00750770609555864>
- Di Domenico, M. L., Haugh, H. Tracey, P. (2010). Social bricolage: Theorizing social value creation in social enterprises. *Entrepreneurship: Theory and Practice*, 34(4), 681-703. doi:10.1111/j.1540-6520.2010.00370.x
- Doherty, B., Haugh, H., y Lyon, F. (2014, January). Social enterprises as hybrid organizations: A review and research agenda. *International Journal of Management Reviews*, 16(4), 417-436. doi:10.1111/ijmr.12028
- Emerson, J. (2000). Social Return on investment exploring aspects of value creation in the nonprofit sector. <https://redf.org/wp-content/uploads/REDF-Box-Set-Vol.-2-SROI-Paper-2000.pdf>
- Finnveden, G., Björklund, A., Reich, M. C., Eriksson, O., & Sörbom, A. (2007). Flexible and robust strategies for waste management in Sweden. *Waste Management*, 27(8), S1. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.02.017>
- Flores, C. B. (2009). La problemática de los desechos sólidos The solid waste problem. *Economía*, 27, 121–144. <http://www.redalyc.org/pdf/1956/195614958006.pdf>
- Gair, C. (2009). SROI Act II: A call to action for next generation SROI. https://ccednet-rcdec.ca/files/ccednet/pdfs/2009-REDF_SROI_Act2.pdf
- Gobierno del Estado de México (2009). **Programa para la** Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/187456/Estado_de_M_xico.pdf
- Gobierno del Estado de México (2020). Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-20- SeMAGEM-RS-2019. <https://sair.edomex.gob.mx/admin/modulos/sair/documento.php?idr=Njc=&tipo=1&doc=TIRFQS0yMC1TZU1BR0VNLVJTLTIwMTkucGRm>
- Gobierno del Estado de México (2021). Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-21- SeMAGEM-RS-2019. <https://sair.edomex.gob.mx/admin/modulos/sair/documento.php?idr=Njg=&tipo=1&doc=TIRFQS0yMS1TZU1BR0VNLVJTLTIwMTkucGRm>
- Gobierno Federal (2022). Lineamiento para la elaboración y presentación de los analisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5328458#:~:text=La%20tasa%20social%20de%20descuento,la%20misma%20o%20determine%20otra.

- Gen, Y. (2009). Implementing China's circular economy concept at the regional level: A review of progress in Dalian, China.
https://www.researchgate.net/publication/23270827_Implementing_China's_circular_economy_concept_at_the_regional_level_A_review_of_progress_in_Dalian_China
- Gómez, P. D (2018). Identificación de Zonas Adecuadas para la Localización de un sitio para la Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos en la Región del Valle de Toluca. Retrieved from <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/95048>
- González, P. L., & Diaz, A. B. (2018). Influence of distance on the motivation and frequency of household recycling. *Waste Management*, 25(1), 15–23.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.08.007>
- Gonzalo, E. (2016). Estimación de la tasa social de descuento a largo plazo en el marco de los sistemas nacionales de inversión. Aplicación al caso chileno.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2016000100099
- Gunther, & Hernández. (2006). Guía para la elaboración de programas municipales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos.
https://www.oaxaca.gob.mx/semaedeso/wp-content/uploads/sites/59/2016/02/Gu%C3%ADa_PMPGIRSU.pdf
- Harder, M. K., Woodard, R., & Bench, M. L. (2006). Two measured parameters correlated to participation rates in curbside recycling schemes in the UK. *Environmental Management*, 37(4), 487–495. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0124-8>
- Hernández, M. Aguilar, Q. Taboada, P. Lima, R. Eljaiek, M. Márquez, L. Buenrostro, O.(2016). Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América Latina y El Caribe.
<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2016.32.05.02>
- Hernández, M.& Mañón, M. (2015). Fondo sectorial de investigación ambiental SEMARNAT-CONACYT 2015. Proyecto No. Sol:263315.
<https://docplayer.es/175516619-Ubicacion-de-rellenos-sanitarios-intermunicipales-futuros-en-el-estado-de-mexico-y-estados-aledanos.html>
- Hochstrasser, N., De la Rosa, I., Borbón, C., Hernández, M. (2022). Gestión de residuos sólidos urbanos: lecciones para la medición del retorno social de la inversión en la región. *Regiones y Desarrollo Sustentable*. COLTLAX.
<http://coltlax.edu.mx/openj/index.php/ReyDS/article/view/221/pdf>
- Hochstrasser, N., & Borbón, C. (2021) Retorno Social de la Inversión: Una alternativa para la evaluación de la gestión cero basuras, durante y post Covid-19
<https://indiciales.unison.mx/index.php/Indicial/article/view/8>
- Hochstrasser, N., De la Rosa, I., Borbón, C., Hernández, M. (2021). Programa Hacia Cero Basura (H0B) como alternativa de gestión de los residuos sólidos, caso de éxito en la cabecera municipal de Mexicaltzingo, Estado de México.
<https://rida2.utp.ac.pa/handle/123456789/15246>
- Hochstrasser, N., De la Rosa, I., Borbón, C., Hernández, M. (2020). Retorno social de la inversión para gestionar los residuos sólidos urbanos de Metepec, México. *Entreciencias*:
<http://www.revistas.unam.mx/index.php/entreciencias/article/view/75478/69822>

- Hochstrasser, N., De la Rosa, I., Hernández, M., Borbón, C. (2020). Acopio y recuperación de los Residuos Sólidos Urbanos en la Cabecera Municipal de Mexicaltzingo, Estado de México. 10° Encuentro Nacional de Expertos en Residuos, ENERS10 Gestión Integral de Residuos. Sociedad Mexicana de Ciencias y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos A.C (SOMERS). <http://www.somers-ac.org/paginas/encuentros/Encuentro13.pdf>
- Hoorweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). A global review of solid waste management. Urban Development Series Knowledge Papers, 1–116. <https://doi.org/10.1111/febs.13058>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2015). Medio Ambiente: Residuos Sólidos. <https://www.inegi.org.mx/temas/residuos/>
- Islas, A., Hernández, A. (2016). Alternativas y restos para la gestión integral de residuos. <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2016/12/TESIS-Islas-Gonz%C3%A1lez-Amarilis.pdf> sólidos urbanos en municipios medianos: El caso de Xicotepec, Puebla.
- LYRSA Derichebourg. (2018, mayo 7). No separar la basura en Suiza cuesta Dinero. Recuperado de <https://www.lyrsa.es/no-separar-la-basura-ensuiza-cuesta-dinero/>
- Martínez, I. N. (2016). Reingeniería del Relleno Sanitario de Zinacantepec con la revalorización de RSU. Reingeniería del Relleno Sanitario de Zinacantepec con la revalorización de RSU. Toluca , México : Instituto Tecnológico de Toluca .
- McDougall, R. White, P, Franke, M, Hindle, P (2001). Integrated Solid Waste Management: A life cycle inventory. Blackwell Science. Oxford, UK. Metepec, Municipio (2019). Plan de desarrollo Municipal Metepec. 53(9), 1689–1699. https://metepec.gob.mx/pagina/documentos/PlanDesarr/PDM_2019_Finanzas_WE_B.pdf
- México Real (2017). Territorio Estado de México de la República Mexicana. <https://mr.travelbymexico.com/698-estado-de-mexico/>; https://ipomex2.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files_ipo/2015/51/8/f1c03e8b43ea7f48a03e31990e08b1fd.pdf
- Mohan, G., Sinha, U. K., y Lal, M. (2016). Managing of Solid Waste through Public Private Partnership Model. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 158–168. https://www.researchgate.net/publication/305892099_Managing_of_Solid_Waste_through_Public_Private_Partnership_Model
- Navarrillos, H. (2012). El SROI, un método para medir el impacto social de las inversiones. *Capital Humano*. <http://pdfs.wke.es/4/4/3/7/pd0000074437.pdf>
- New Economics Foundation [NEF] (2004). Social Return on investment valuing what matters. Findings and recommendations from a pilot study. <https://www.nefconsulting.com/wp-content/uploads/2017/09/sroi-valuing-what-matters.pdf>
- Nicholls, J. Lawlor, E. Neitzert, E. Goodseed, T. (2012). *A guide to Social Return on Investment*. [archive PDF]. London. Cabinet Office of Third Sector. https://neweconomics.org/uploads/files/aff3779953c5b88d53_cpm6v3v71.pdf
- Niño, V. Rodríguez, A. Juárez, L. Sampedro, M. Reyes, M. Silva, S. (2019 o 2017). La importancia de la participación y corresponsabilidad en el manejo de los residuos sólidos urbanos.

- http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100195
- Nordhaus, W. D. (2007). A Review of the Stern Review in Climate Change. *Journal of Economic Literature*, XLV, 686–702.
<http://piketty.pse.ens.fr/files/Nordhaus2007b.pdf>
- Olay, E. Hernández, M, De la Rosa, I. (2020). Guía práctica para el manejo integral de residuos sólidos urbanos en municipios del Estado de México y Estados aledaños del norte y sur.
- ONU-Hábitat. (2010). OPS. (2010). Informe Anual 2010.
<https://mirror.unhabitat.org/pmss/getElectronicVersion.aspx?nr=3232&alt=1>
- Orizaba (2014). Reglamento de limpia pública Orizaba.
<http://transparencia2014.orizaba.gob.mx/wp-content/uploads/2015/12/fraccion%20I%20Marco%20Juridico/Reglamentos/Reglamento%20de%20Limpia%20Publica%20Para%20el%20Municipio%20de%20Orizaba.pdf>
- Orizaba (2014). Bonos por predial (BYP).
<https://www.uv.mx/orizaba/cosustenta/files/2014/05/Programa-BYP-Mpio-de-Orizaba.pdf>
- Orta, V. Yáñez, I. Monje, I. Rojas, M. Toscano, L. & Rentería, J. (2009). Estudio de evaluación de tecnologías alternativas o complementarias para el tratamiento o disposición final de los residuos sólidos urbanos.
https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/publicaciones_conagua/RESIDUOS%20PELIGROSOS/EST-EVA2009.pdf
- Peralta, C. Encalada, M. Arevalo, P. (2012). Propuesta para la sensibilización Ambiental en el manejo de residuos sólidos en los Cantones Girón y Sanata Isabel en el periodo 2010-2012. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3606/1/UPS-CT002568.pdf>
- Pichtel, J. (2014). Waste Management practice “Municipal, hazardous and Industrial. USA. (2016-2018). Plataforma Electoral Municipal .
- Pon, J., & Rica, C. (2019). Taller Regional: Instrumentos para la implementación efectiva y coherente de la dimensión ambiental de la agenda de desarrollo Contenidos.
https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/gestion_de_residuos_-_jordi_pon.pdf
- Puig, I. (2002). Incentivos económicos para avanzar hacia la reducción y el reciclaje de residuos Urbanos. https://www.cilma.cat/wp-content/uploads/2010/09/incentivos_hacia_la_reduccion.pdf
- Ramos, A. (2013). Programa de manejo de residuos sólidos urbanos para el municipio de Metepec”. Programa de manejo de residuos sólidos urbanos para el municipio de Metepec”. Toluca, México : UAEM.
- Rodríguez, S. Rubio, C- (2020). Programa de separación en la fuente de residuos sólidos aprovechables en el Departamento Administrativo de la Presidencia de la República Colombia.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/29302/2020solanyimelissarodriguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, S. (2005). La gestión de residuos sólidos urbanos en la ciudad histórica y sostenible: el ejemplo de andalucía. *Incentive*.

- Rodríguez, M. y Córdova, A. (2006). Manual de compostaje municipal: tratamiento de residuos sólidos urbanos.
 GIZ.http://www.virtual.sepi.upiicsa.ipn.mx/pp_web_sepi_composta/files/Manual_compostaje_municipal.pdf
- Romero, A. (2009). *Incineración de Residuos Sólidos Urbanos*. Dpto. de Ingeniería Química. Facultad de CC. Químicas. Madrid: Universidad Computense de Madrid.
- Rotheroe, N. & Richards, A. (2007). Social return on investment and social enterprise: transparent accountability for sustainable development. *Social Enterprise Journal*.
https://www.researchgate.net/publication/235260071_Social_return_on_investment_and_social_enterprise_transparent_accountability_for_sustainable_development/link/5788fe3908ae59aa6675c783/download
- Sáez, A., & Urdaneta, J. A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia Año*, 20(3), 121–135.
- Sakai, S., Sawell, S. E., Chandler, A. J., Eighmy, T. T., Kosson, D. S., Vehlow, J., ... Hjelm, O. (1996). World trends in municipal solid waste management. *Waste Management*, 16(5–6), 341–350. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(96\)00106-7](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(96)00106-7)
- Sanjeevi, V., & Shahabudeen, P. (2015, october). Development of performance indicators for municipal solid waste management (PIMS): A review. *Waste Management and Research*, 33(12), 1052–1065. <https://doi.org/10.1177/0734242X15607428>
- Secretaría de Gobernación [SEGOB]. (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. México: Diario Oficial de la Federación.<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Constitucion/cn16.pdf>
- Secretaría de Gobernación [Segob].(1984). Ley General de Salud: Diario Oficial de la Federación http://www.conadic.salud.gob.mx/pdfs/Ley_general_de_salud.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [SEMARNAT.] (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos:
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [SEMARNAT.] (2019). Visión Basura Cero: Líneas de implementación.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/463684/Vision_Basura_Cero_-_Lineas_de_Implementacion__13_03_2019_.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial [SEMADET]. (2018). Guía para la implementación de sistemas tarifarios en Jalisco.
https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/guia_de_sistemas_tarifarios_gir_jalisco_julio_2018_dis2_0.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2015). *Residuos*. México: secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [SEMARNAT.] (2013). Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018. Resumen Ejecutivo., 41. www.semarnat.gob.mx/temas/estadisticas-ambientales/informes-y-otras-publicaciones.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2012). Ley General de Cambio Climático.
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgcc/LGCC_orig_06jun12.pdf

- Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial [SEMARNAT.] (2004). NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Diario Oficial de La Federación, 6, 14.
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/nom-083.pdf>
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2004). Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/nom-083.pdf>
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2004). Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002.
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/DO343.pdf>
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos (2003).
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (1992). Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAT-1985.
<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa015.pdf>
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (1988). Ley General del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.
http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/mexico/mexico_1988.pdf
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (1985). Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-1985.
<http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-022-1985.pdf>
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (1985) Norma Oficial Mexicana NOM-061-SEMARNAT-1985.
http://itzitacuaro.edu.mx/SGA/NORMAS_RESIDUOS_SOLIDOS_URBANOS/4p.NMX-AA-061-1985.pdf
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (1985) Norma Oficial Mexicana NOM-019-SEMARNAT-1985.
<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa019.pdf>
- Shafaghi, S. & Ramazan, A. (2021). Explaining the model of comprehensive waste management in urban and rural areas and intermediate spaces (Case study: Khorasan Razavi province). https://redib.org/Record/oai_articulo3052232-explaining-model-comprehensive-waste-management-urban-rural-areas-intermediate-spaces-case-study-khorasan-razavi-province.
- Sharholly, M., Ahmad, K., Mahmood, G., & Trivedi, R. C. (2008). Municipal solid waste management in Indian cities - A review. *Waste Management*, 28(2), 459–467.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.02.008>
- Shekdar, A. V. (2009). Sustainable solid waste management: An integrated approach for Asian countries. *Waste Management*, 29(4), 1438–1448.

- <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.08.025>
- Sosa, M. & Macht, A. (2012). Guía para la implementación de separación RSU en México. GIZ-MEXICO. Dirigida a los municipios de los estados de Guerrero, México y Quintana Roo. https://ciudadesytransporte.mx/wp-content/uploads/2021/07/Guia_PSR_2012.pdf
- Stern, N. (2007). La economía del cambio climático. Recuperado de https://calentamientoglobal.files.wordpress.com/2007/02/stern_conclusiones_esp.pdf
- Sujauddin, M., Huda, S. M. S., & Hoque, A. T. M. R. (2008). Household solid waste characteristics and management in Chittagong, Bangladesh. *Waste Management*, 28(9), 1688–1695. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.06.013>
- Tai, J., Zhang, W., Che, Y., & Feng, D. (2011). Municipal solid waste source-separated collection in China: A comparative analysis. *Waste Management*, 31(8), 1673–1682. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.03.014>
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. En Tchobanoglous, Thiesen, & Vigil, *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. New York, USA: Mc Graw-Hill.
- Tanaka, M. (1999). Recent trends in recycling activities and waste management in Japan. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 10–16. <https://doi.org/10.1007/s10163-999-0006-5>
- Tuan, M. T., y Box, P. O. (2008). *Measuring and /or estimating social value creation: Insights Into Eight Integrated Cost Approaches*. USA: Bill and Melinda Gates Foundation. *University Press*. <https://docs.gatesfoundation.org/documents/wwl-report-measuring-estimating-social-value-creation.pdf>
- Tumi, J. (2012). Conocimiento de la población de la ciudad de Puno sobre gestión de residuos sólidos. <https://www.comunicacionunap.com/index.php/rev/article/view/35>
- Turcott, E. García, A. (2018). Sistema de indicadores para la evaluación integral y control de la gestión de residuos municipales. Universidad de Cantabria. España. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/15418>
- Turcott, E. D., Altabella, J. E., López Martínez, A., Lobo García de Cortázar, A., & Colomer Mendoza, F. J. (2016). Estudio comparativo de dos modelos de gestión de residuos implantados en España: Hacia una economía circular, (December). <https://doi.org/10.4103/1008-682X.175786>
- Van de Klundert, A., & Anschutz, J. (2001). *Integrated sustainable waste management - the concept: Tools for decision-makers: Experiences from the Urban Waste Expertise Program*. Waste. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/concepts.pdf>
- Van Der Sloot, H. A. (1996). Present status of waste management in the Netherlands. *Waste Management*, 16(5–6), 375–383. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(96\)00084-0](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(96)00084-0)
- Vehlow, J. (2004). Biogenic Waste to Energy – an Overview, 1–14. Retrieved from http://www.ieabioenergytask36.org/Publications/2004-2006/Report_9_Biogenic_Waste.pdf
- Weitzman, M. (2001). “Gamma Discounting”, *American Economic Review*, vol.91, No.1, pp.261-271

- Wilson, F., & Post, J. E. (2013, april). Business models for people, planet (& profits): Exploring the phenomena of social business, a market-based approach to social value creation. *Small Business Economics*, 40(3), 715-737. doi:10.1007/s11187-011-9401-0
- World Bank. (2018). What a Waste 2.0 Introduction, 1–38. Recuperado de <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329->
- World Health Organization. (2017). Social return on investment - Accounting for value in the context of implementing Health 2020 and the 2030 Agenda for Sustainable Development (2017). <http://www.euro.who.int/en/countries/italy/publications/social-return-on-investment-accounting-for-value-in-the-context-of-implementing-health-2020-and-the-2030-agenda-for-sustainable-development-2017>
- Yacaman, S.&Torralvo, P. (2011). Modelo de Centro de acopio para la gestión y clasificación de residuos sólidos: papel, cartón, y plásticos provenientes de los supermercados de Cartagena de Indias D.T.Y.C. <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/749>

6 ANEXOS

ANEXO A. Resultados Estancia en Orizaba Veracruz, México

El municipio de Orizaba actualmente cuenta con un Programa de manejo de residuos urbanos que empezó a tener necesidad desde la administración del presidente Juan Manuel Díez Francos, mejor conocido como el Sr. 10, quien ha ejemplificado el liderazgo de una buena administración gubernamental local, teniendo una visión empresarial de manejo de los recursos público y el cual ha permitido una planeación de procesos que permiten mejorar las condiciones de vida de sus ciudadanos, quienes poco a poco se han apropiado de esta filosofía y han permitido dar una continuidad administrativa por 11 años consecutivos. La importancia de este personaje comprometido con su municipio permitió ser la clave para unificar esfuerzos por el bien común del municipio, poder generar sus propios recursos económicos, maximizar el presupuesto federal-estatal y así poder evitar la corrupción por medio de leyes

locales aplicables mediante el proceso de educación, formación y preparación continua (Información verbal).

Los reglamentos de obra pública y de ecología, se basaron fundamentalmente en el artículo 115 Constitucional fracción segunda, la cual el estado reconoce y da facultades al municipio para poder generar sus propias leyes. Además de incluir la ley 241 del Estado de Veracruz la cual permite hacer una planeación del suelo de acuerdo con la densidad de la población, por medio del CUS (coeficiente de utilización del suelo) y el COS (coeficiente de ocupación del suelo). Cabe mencionar que a pesar de que Orizaba tiene un territorio mediano, esto no le impidió ser capital del Estado de Veracruz (Información verbal).

FASE 1. DIAGNOSTICO ORIZABA

El objetivo de la presente investigación fue conocer la cantidad, el tipo de RSU que genera los estratos socioeconómicos de la población de Orizaba, así como conocer el sentir de la población Orizabeña para detectar áreas de oportunidad para los siguientes cambios que Orizaba tendrá que manejar en el corto, mediano y largo plazo en cuanto al manejo de sus residuos sólidos urbanos.

Considerando la opinión del jefe del departamento de limpia pública del municipio de Orizaba, se eligieron las colonias, las cuales están ubicadas en la ruta 2 de recolección. El Edén para estrato alto, la Unidad Habitacional 27 de mayo para estrato medio y la colonia Emiliano Zapata Norte para estrato bajo.

1.1 Recolección de RSU

Se realizó la colecta de RSU durante la semana del lunes 22 de julio al domingo 28 de julio del 2019, con un horario de 12:00-15:00, en los 3 estratos, mostrando en la siguiente tabla la cantidad de residuos recolectados de RSU.

Tabla A.1 Cantidad de residuos recolectados de RSU en Orizaba.

	Alto (kg)	Medio (kg)	Bajo (kg)
lunes	119.06	99.03	84.925
martes	101.24	90.38	83.095
Miércoles	66.095	71.305	89.356
Jueves	96.816	55.777	78.21
Viernes	61.845	69.93	66.436
Sábado	57.78	49.615	55.458
Domingo	37.44	61.491	35.375
Total	540.276	497.528	492.855

1.2 Cuantificación de RSU en casa habitación

Se encontró que la generación per cápita del estrato Alto fue la mayor con 0.897 kg/hab-d y el estrato Bajo el de menor con 0.443 kg/hab-d (Tabla A.2). Esto debido a la relación que

existe entre los hábitos de consumo y el poder adquisitivo de las personas que integran cada estrato.

Tabla A.2 Peso volumétrico y generación por estrato socioeconómico

Estrato	Peso Volumétrico (kg/m ³)	Generación (kg/hab-d)
Alto	215.55	0.897
Medio	181.7	0.606
Bajo	178.15	0.443
Promedio	191.8	0.648

El peso volumétrico por semana que se obtuvo para el estrato Alto fue de 215.55 kg/m³ siendo el valor más alto comparado contra el estrato Medio el cual fue de 181.7 kg/m³, lo que indicó que se necesitaría vehículos de transporte de mayor capacidad (Tabla A.2).

De la caracterización de los residuos en casa-habitación se observó que el de los residuos alimenticios fueron lo de mayor porcentaje en los tres estratos siendo tanto el estrato bajo y el estrato medio con el de mayor porcentaje con un 53% en ambos casos (Tabla A.3).

Tabla A.3 Caracterización de RSU por estrato, Orizaba

SUBPRODUCTOS		Alto	Medio	Bajo
1	Algodón	0.020	0.246	0.614
2	Cartón	4.705	2.194	3.769
3	Cuero	0.107	0.263	0.574
4	Electrónicos	0.755	0.216	0.082
5	Envase en cartón encerado	1.633	2.029	1.887
6	Fibra dura vegetal (esclerenquima)	0.000	0.000	0.000
7	Fibras sintéticas	0.259	0.189	0.011
8	Higiénico	8.318	7.579	7.244
9	Hueso	0.000	0.346	0.000
10	Hule	0.000	0.000	0.000
11	Lata	0.256	0.131	0.136
12	Loza y cerámica	0.166	0.000	0.783
13	Madera	0.242	0.075	0.163
14	Material de construcción	0.000	0.000	0.000
15	Material ferroso	0.746	1.306	0.937
16	Material no-ferroso	0.234	0.018	0.064
17	Medicamentos	0.088	0.174	0.342
18	Otros	3.189	2.396	1.097
19	Pañal desechable	3.331	6.201	5.856
20	Papel	2.533	1.734	4.508
21	PET	2.615	1.569	1.409
22	Plástico de película	2.226	0.722	2.560
23	Plástico rígido	3.587	2.218	2.277
24	Poliestireno expandido	0.426	0.013	0.000
25	Poliuretano	0.555	0.956	0.538
26	Residuo fino que pase la criba M 200	0.081	0.034	0.199
27	Residuos Alimenticios	44.977	53.164	53.402
28	Residuos de jardinería	10.430	4.683	3.356
29	Trapo	0.709	2.861	2.913

30	Vidrio de color	3.712	1.580	2.005
31	Vidrio transparente	3.684	5.963	2.362
32	Pilas	0.009	1.139	0.015
33	Sondas			3.582
34	Pañal	0.300		
35	Palma			0.276
36	Piedra	0.107		0.211

Señalando que el porcentaje de residuos de higiénicos, pañal desechable, papel, cartón, y plástico de película resultó mayor en el estrato Bajo y Medio. Así como, el estrato Alto que se observa una interesante generación de residuos de jardinería, cartón, plástico rígido, papel, Pet, vidrio transparente y de color, así como residuos higiénicos (tabla A.3).

Por otra parte, en la figura A.2 se muestra los resultados en forma gráfica de los residuos agrupados por tipo un estudio general de la situación del porcentaje del promedio de subproductos, con la finalidad de englobar los resultados.

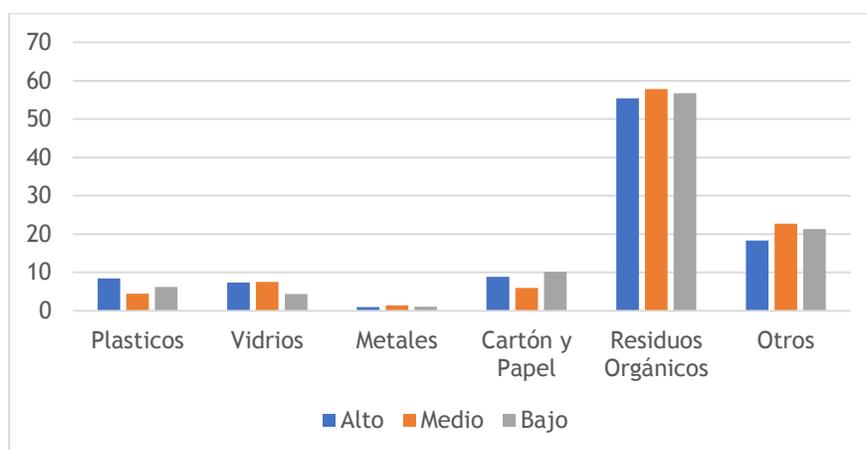


Figura A.2 Porcentaje promedio por subproductos

Por lo que es importante que el municipio vea opciones de tratamiento de residuos orgánicos por ser los de mayor generación.

FASE 2. Evaluación SROI para los RSU en ORIZABA

Fase 1. Establecimiento del alcance e identificación de grupos de interés

El estudio de campo con los grupos de interés permitió recabar información sobre lo qué hacen, cómo lo hacen y lo que estarían dispuestos a cambiar. En la tabla A.4 se presentan los grupos de interés que se seleccionaron como los principales actores, y se resume para cada uno de ellos los cambios principales que estarían dispuestos a realizar, para coadyuvar a la GIRSU municipal.

Tabla A.4 Grupos de interés y cambios en el sistema para la gestión de RSU

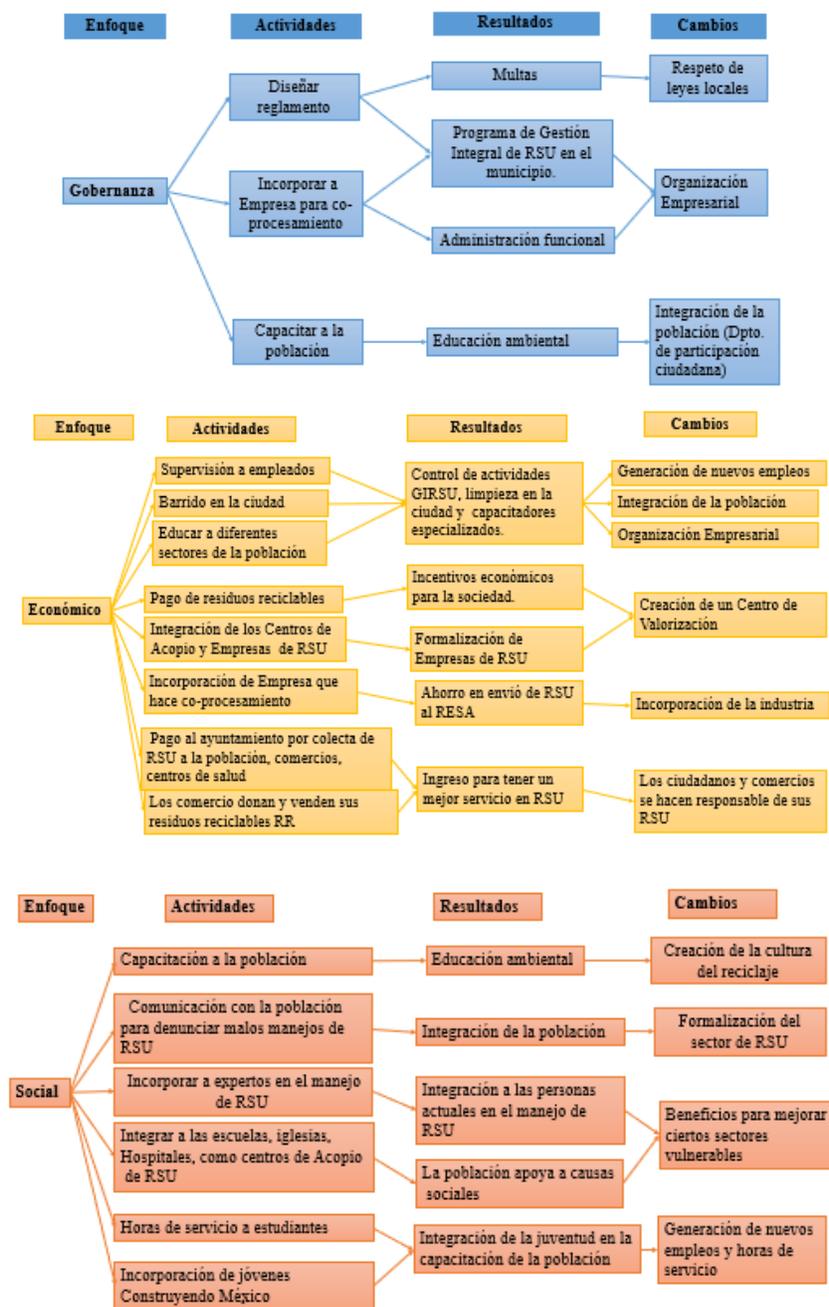
Grupos de Interés	Cambios Principales	Inversión \$MEX
Residentes de Metepec, jefes de familia	- Pago de servicio de recolección y tratamiento de RSU, así como multas por mal manejo de RSU - Incentivos para que las personas separen sus residuos reciclables -Capacitación en temas ambientales y separación de sus RSU - Integración con el gobierno	11,552,000.00
Pequeñas, medianas y grandes empresas	- Pago al ayuntamiento por servicio de recolección y tratamiento de sus RSU - Pago de multas por mal manejo de RSU	37,108,000.00
Tianguis, mercados y restaurantes	- Separación y entrega al ayuntamiento de sus residuos orgánicos - Pago de multas por mal manejo de RSU	169,056.00
Clínica	-Pago por recolección y tratamiento de RSU	624,000.00
Autoridad local	- Elaboración y aplicación de reglamento de limpia pública y programa de Gestión - Incentivos para los trabajadores - Publicidad del Programa de Gestión para separar los RSU - Disminuir el envío de RSU al relleno sanitario RESA - Administrar de manera funcional sus recursos humanos - Separación de los residuos orgánicos RSO para hacer composta	48,570,493.33
Centro de Compostaje Tenango	-Generación de composta a partir de RSO -Pago por parte del ayuntamiento por el proceso	122,000.00
Centro de co- procesamiento	-Aportación a la sociedad con la aceptación de residuos solido inorgánico RSI de Orizaba (40%)	2,823.53
Centro de trituración	-Acepta RSU de 17 municipios para separarlos y enviar triturado al Centro de co-procesamiento, Orizaba lo hace de manera independiente, pero envía el resto de sus RSU a este centro.	5,454,491.76
Centros de acopio	- Se formalizan en el manejo de RSU	486,307.33
RESA	-El Relleno está a su límite de su capacidad	2,317,500.00
Recolectores de orgánicos	- Distribución de comida para ganado	45,000.00
Segregadores	- Incorporación y formalización al proceso de manejo	300,000.00
PMA Veracruz	- Inspección a los centros de valorización de RSU u otra organización	900,000.00
Escuelas	- Estudiantes de servicio social hacen la labor de capacitar a la población y -Escuelas para que separen sus RSU y sean centros de acopio	583,000.00
Jóvenes becarios del gobierno Federal	- Becarios del gobierno Federal, Programa Jóvenes Construyendo el Futuro, apoyan al departamento de limpia pública en áreas administrativas y actividades de campo	216,000
Total, Inversión		108,871.96

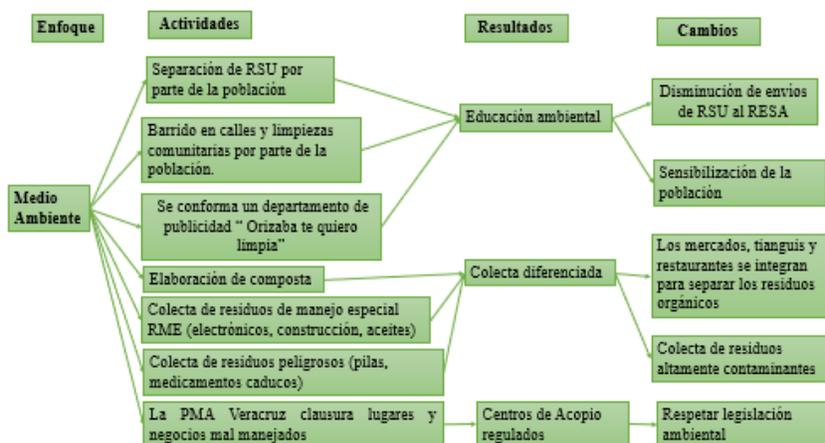
Fase 2. Mapa de cambios

Una vez detectados los grupos de interés, se integraron en un mapa de cambios con los principales enfoques para lograr un desarrollo sustentable (gobernanza, económico, social y

medio ambiente), lo cual permitió detectar las principales actividades que deben realizar en conjunto (Figura A.3).

Figura A.3. Mapa con enfoque sustentable de cambio social





En el enfoque de gobernanza mostrado en la figura A.3, es importante que se elaboren y se hagan cumplir los reglamentos en cuanto a la GRSU en los tres órdenes de gobierno; sobre todo a nivel municipal, donde se debe elaborar un reglamento de limpia pública y un plan de gestión, que considere la aplicación de multas, cobros, capacitaciones a la población en general, y la incorporación de agentes privados que permitan una administración funcional, para así poder integrar a los grupos de interés de manera puntual.

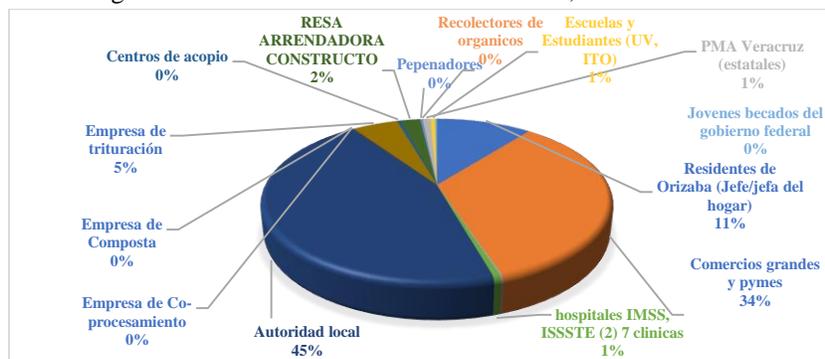
Para el enfoque económico (figura A.3), es importante tener un control de las actividades para la GRSU, mediante la supervisión, limpieza de la ciudad y la integración de la población, trabajadores, comercios y sectores que trabajan en la recolección y venta de residuos reciclables, además de la capacitación continua, cobros e incentivos, a fin de formalizar este sector, por medio de la incorporación del Centro ECORI para enviar los RSI separados a un Centro de Co-procesamiento.

En el enfoque social que se presenta en la figura A.3, es importante enfatizar la educación ambiental a través de programas dirigidos a la población, y el fomentar la cultura del reciclaje, a fin de inducir la gestión de sus RSU.

En el enfoque medioambiental desglosado en la figura A.3, es primordial valorar la reducción de los envíos de RSU a los RESA y/o tiraderos a cielo abierto, por lo que es esencial trabajar en la parte de educación ambiental, para que la población en general conozca el problema que conlleva confinarlos de manera inadecuada y los riesgos de salud que esto implica.

Para las dos primeras fases, el cálculo de la inversión se monetizó gracias a la información que cada stakeholders compartió, resultando un total de \$108,871.96 (tabla A.4), lo que representa las participaciones de todos los grupos de interés, para poder realizar el programa de limpia pública, donde la autoridad local invierte 45%, los comercios grandes, medianos y pequeños 34%, los residentes de Orizaba 11%, la Empresa de trituración 5%, el RESA 2% (Figura A.3). Cabe distinguir que ciertos grupos de interés como la empresa de trituración, co-procesamiento, el RESA, los Centros de Acopio, y la PMA Veracruz no son exclusivos a Orizaba; por lo que su inversión se dividió entre sus clientes potenciales.

Figura A.4 Distribución de la inversión Total, GIRSU Orizaba



Fase 3: Medida de los cambios

De acuerdo con los cambios listados en la tabla A.3 y en la figura A.3, se eligieron indicadores claves para poder otorgarles valores y medir el cambio a través de variables proxys. En la figura A.5 se listan los indicadores elegidos para cada cambio, con sus unidades y los valores estimados respectivamente.

Figura A.5. Valor de los cambios

Cambios	Indicador	Valor del cambio "proxy"
1.- Respeto de leyes locales	1.- Multas aplicadas por mal manejo de RSU	1.- Costo total de las multas aplicadas
2.- Organización Empresarial	2.- Trabajadores integrados y capacitados	2.- Quejas por mal servicio
3.- Integración de la población	3.- Ciudadanos vigilan el mal manejo de RSU	3.- Multas intervenidas
4.- Nuevos empleos	4.- Empleados nuevos para el MIRSU de Metepec	4.- Empleos nuevos con servicio médico
5.- Centro de Transferencia y separación ECORI	5.- Cuota por mantener el Centro ECORI	5.- Mantenimiento Centro ECORI
6.- Incorporación de la industria	6.- Clasificación adecuada de Residuos Sólidos Inorgánicos (RSI)	6.- Ahorro de envío al RESA
7.- Ciudadanos, comercios y clínicas se hacen responsable	7.- Comercios que pagan por servicio de recolección	7.- Cuota promedio por colecta
8.- Creación de la cultura del reciclaje	8.- Incentivos a la población de Metepec	8.- Bonos a hogares separan sus residuos
9.- Formalización del sector de RSU	9.- Permisos por PROPAEM	9.- Precio de los permisos
10.- Beneficios econ. sector vulnerable	10.- Segregadores registrados y autorizados	10.- Pago a Segregadores
11.- Nuevos empleos	11.- Jóvenes integrados en el proyecto	11.- Pago a jóvenes del Programa
12.- Disminución de envíos al RESA	12.- Cantidad de residuos pagados a RESA	12.- Toneladas ahorradas de envío al RESA
13.- Sensibilización de la población	13.- Capacitaciones	13.- Costo de capacitación a hogares y comercios
14.- Comercios y restaurantes separan residuos orgánicos	14.- Toneladas composteadas	14.- Venta anual de composta
15.- Colecta de residuos altamente contaminantes	15.- toneladas recuperadas de RME	15.- Toneladas recuperadas de RME por el costo de destino final
16.- Respetar legislación ambiental estatales y federales	16.- Clausuras a organizaciones con mal manejo	16.- Multas por clausuras

Así, el respeto a las leyes dependerá del número de multas aplicadas a los ciudadanos y comercios por el mal manejo de RSU, por lo que el valor de cambio proxy, será el costo total de las multas aplicadas por tirar basura en la calle, que para este estudio se les otorga un valor de \$96,000.00, ya que existe una multa administrativa que va de veinte a sesenta mil días de salario mínimo general y que está publicada en el Reglamento de Limpia Pública de Orizaba (Orizaba, 2014).

La organización empresarial se medirá a partir de los trabajadores integrados, capacitados y bonificados, lo que se reflejará en número de quejas de los ciudadanos por el mal servicio, este número debe ser lo menor posible para valorar una buena gestión de RSU. En Orizaba se hace capacitación continua a su personal de limpia pública tanto a recolectores, barrenderos y recicladores. Cuentan con 23 supervisores lo que representa un cambio de \$184,000.00. Además, cuentan con gasto de publicidad de al menos \$800,000.00 anuales para promoción y publicidad del Programa Orizaba te quiero limpia.

La integración de la población dependerá del número de ciudadanos que reportan el mal manejo de RSU, lo que se contabilizará de acuerdo con el número de multas intervenidas, donde el municipio deberá buscar los elementos jurídicos para que se lleve a cabo su aplicación.

La generación de nuevos empleos en el sector se medirá de acuerdo al aumento de números de empleados con servicio médico y/o con número de cuenta bancaria, que para este estudio de acuerdo al municipio tienen 70 empleos en barrido de la ciudad, lo que representa un cambio de \$5,040,000.00 para mantener limpia la ciudad ; además de integrar a los 120 segregadores informales que actualmente están registrados en el municipio, donde la propuesta es que se conviertan en aliados para integrarlos en la gestión de RSU en el municipio, y darles las herramientas necesarias para que hagan su labor, la cual representa la generación de autoempleo anual de \$5,760,000.00.

El centro ECORI, dependerá de la cuota de mantenimiento anual para mantenerlo en funcionamiento, que al menos debe ser de 18,819 USD anuales, de acuerdo a los datos proporcionados por la empresa experta en RSU.

Al mismo tiempo, se integraría la incorporación de la industria para producir diésel con al menos una producción de 1/ton por turno, lo que correspondería a 1,080 t/a, lo que representaría un ahorro en diésel convencional de 1,298,108 USD anuales, de acuerdo con los datos proporcionados por la Empresa experta en RSU para el 2019.

Los comercios se hacen responsables y pagan por el servicio de su recolección de RSU, que en principio sólo se contabilizaron 1,840 Pymes que representan 30% del municipio pagando una cuota anual de 627 USD c/u, y 15 comercios grandes que representan igualmente 30%, pagando una cuota anual de 4,391 USD c/u, de acuerdo a los datos proporcionados para la primera fase del Programa de limpia pública por parte de los representantes de Metepec y la Empresa experta en RSU.

La creación de la cultura del reciclaje, dependerá del número de incentivos a la población, es importante mencionar que para este estudio solo se contabilizó la cabecera municipal, la cual comprende 5,359 hogares, que en promedio podrían recibir un apoyo de 105 USD anuales por c/u, de acuerdo al trabajo de campo realizado con los residentes en un fraccionamiento de estrato medio-alto en Metepec y en la cabecera de Mexicaltzingo en el Estado de México, este último sin estrato definido (Hochstrasser *et al.*, 2020).

La formalización del sector RSU, dependerá de los permisos por parte de la Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México (PROPAEM). Para este estudio solo se preguntó por los permisos y montos a dos Centros de Acopios, uno formal y otro informal dentro del municipio, debido a que coincidieron en que el costo por permiso es de 52.28 USD anuales. Sin embargo, comentaron que el trámite es largo y poco flexible, lo cual puede ser la razón por la que prevalece la informalidad en México.

Los beneficios económicos para ciertos sectores vulnerables, dependerá del número de segregadores registrados y autorizados, que actualmente en Metepec son 120 e invierten en promedio 104.55 USD para manejar sus residuos con un carrito recolector, dicha información se obtuvo en trabajo de campo.

La generación de nuevos empleos y horas de servicios para jóvenes dependerá del número de alumnos de servicio social, para este estudio se estimaron 400 alumnos de servicio social que requieren 450 horas, trabajo que se contabiliza a 470.46 USD/ alumno, de acuerdo al pago de becas Conacyt. Para el caso del programa federal: Jóvenes Construyendo el Futuro, se contabilizó a 10 jóvenes que representan una inversión de 2,258 USD/ por joven/año (Gobierno de México, 2019).

La disminución de envío de RSU al RESA, se obtuvo con base a la cantidad de RSU que se enviaban y pagaban por disponer y las toneladas ahorradas estimadas de envío, si se lograra el acopio de reciclable, así como procesar los residuos orgánicos, esperado por el municipio de 2020 a 2024; el cual en este estudio representó el 60% de ahorro, esperando la puesta en marcha del Programa GIRSU en Metepec, ya estabilizándose el problema actual que nos aqueja con la pandemia del Covid19, donde con más razón es importante llevar a cabo dicho Programa.

La sensibilización de la población dependerá del número de capacitaciones (en hogares, comercios, escuelas); para este estudio solo se contabilizaron a 16,077 hogares, lo que representa solo el 30% de la población, de acuerdo con la información de Catastro Metepec para el 2019.

Los mercados, tianguis y restaurantes se integran para separar los residuos orgánicos y esto depende de las toneladas generadas; y para este caso al menos se deben compostear 2,352 t/d, lo que considerando el precio de venta por costal en el mercado local es de 78.41 USD/costal, esto podría representar una venta de 184,422 USD anuales.

Fase 4: Medida del impacto social

Los impactos de los cambios se realizaron de acuerdo con los costos y los ingresos que estos representan. Cabe enfatizar que los mismos grupos de interés, fueron quienes sugirieron estos porcentajes y opciones de cambio, a fin de estimar el valor actual de los impactos estructurados en este estudio. Por una parte, se identificaron los ingresos totales que los agentes de cambios pueden atribuir en su conjunto (Tabla A.5).

Tabla A.5 Ingresos totales descontados en \$MX

Cambios	Peso Muerto (%) ¿Qué habría sucedido sin la actividad?	Atribución (%) ¿Quién más contribuirá al cambio?	Decrecimiento (%) ¿Decrecerá el outcomes en años futuros?	Impacto Total Cantidad multiplicada por <i>Proxy</i> financiero, menos peso muerto, desplazamiento y atribución
Respeto de leyes				
La población paga la multa	0	0	0	80,000.00
Los comercios pagan la multa	100	0	0	15,999.00
La autoridad hace respetar las leyes de limpia local	0	0	0	50,000.00
Los ciudadanos, comercios, centros de salud, otro municipio, se hacen responsables				
Pago al ayuntamiento por colecta de residuos a ciudadanos	0	0	0	11,400,000.00
Pago al ayuntamiento por colecta de residuos comerciales de PYMES	100	60	0	20,736,000.00
Pago por colecta por residuos a comercios de gran escala y 1 clínica	100	60	0	35,784,000.00
Existe cooperación para trasladar sus RSU de otro municipio aledaños a Orizaba	0	0	0	207,750.00
El personal de la iglesia separa sus RSU.	0	0	0	9,000.00
Los Centros de Salud pagan por su colecta de RSU	100	60	0	249,600.00
Beneficios económicos para ciertos sectores vulnerables y generación de empleo en el sector de residuos				
La autoridad permite la comercialización de residuos reciclables	90	90	20	1,800.00
No. de toneladas pagadas a Orizaba	0	60	0	3,000.00

	0	60	0	2,906,556.00
Los segregadores se incorporan al proceso de manejo de RSU y generan su propio empleo	90	90	20	57,600.00
Generación de nuevos empleos y horas de servicio				
Horas de servicio a estudiantes	0	0	0	333,000.00
El programa de jóvenes construyendo el futuro, es un instrumento de apoyo para limpia pública y educación de la ciudadanía	0	0	0	216,000.00
Diversificación de envío de RSU				
La autoridad diversifica el envío de RSI para co-procesamiento	0	0	0	3,861,792.00
Ahorro al RESA (40%)	0	0	0	2,914,560.00
Empresa de trituración recibe 30% de otros residuos	0	0	0	1,311,552.00
la empresa vende y dona composta	0	50	0	1,518,750.00
INGRESOS TOTAL				78,203,213.80

Cabe mencionar que es importante la incorporación de multas en todos los grupos de interés, así como el cobro por el servicio de recolección, tanto para comerciantes y residentes. Sin embargo, en el municipio de Metepec por razones políticas, las autoridades no consideran pertinente su cobro, por lo que no está incluido en el análisis. Aunque, como se mencionó anteriormente, hay países y municipios en México que realizan el cobro del servicio, tal como el caso el departamento de limpia pública de Orizaba, quienes cobran el servicio de recolección en casa habitación, comercios (chicos, medianos y grandes), y este manejo es proporcionado por el mismo Ayuntamiento, sin tener que concesionar, siendo un caso ejemplar para replicar (Orizaba, 2014).

Por otra parte, cabe resaltar que si se llevase a cabo la gestión propuesta; el municipio podría ahorrarse hasta 60% de envíos al RESA, lo que representaría un ahorro considerable. Sus gastos actuales reportados son 1,530,400.00 USD anuales para todo el manejo, considerando desde la recolección hasta su disposición final (Metepec, 2019); esto representaría un ahorro por envío al RESA de 240,537.9 USD anuales. Recurso que estaría disponible para el municipio y especialmente para el departamento de Servicios Públicos.

Se recomienda una relación con la sociedad, donde los residentes podrían beneficiarse a través de bonos e incentivos, para que separen sus RSU desde el origen; así como incluir a ciertos sectores vulnerables como segregadores informales y Centros de Acopio, lo cuales actualmente están en riesgo, ya que no cumplen los requisitos normativos por falta de integración entre las partes. Por lo que una propuesta, es que el ayuntamiento asuma comprar sus residuos reciclables a un precio competitivo, a fin de evitar la informalidad.

En el caso de Orizaba existe un Programa de Bonos por Predial (BYP), el cual se ha institucionalizado, permitiendo incentivar a la población a valorizar y desarrollar la cultura de la segregación desde el origen (Orizaba, 2014).

La incorporación de la industria es un factor importante, ya que, al introducir una planta de tratamiento de generación de diésel y gasolina a partir de plásticos, con lo que se puede generar un ahorro considerable para los vehículos del mismo Ayuntamiento, debido a que este tipo de diésel no puede ser de uso comercial (Sahagún,2020).

La incorporación de jóvenes a la GIRSU es importante, debido a que la capacitación casa por casa, inspección y limpieza de la ciudad con apoyo de estos jóvenes, se puede sensibilizar a la población en general, donde el Programa de Jóvenes Construyendo el Futuro podría ser de gran utilidad para el desarrollo de temas ambientales.

La separación de residuos orgánicos en restaurantes, tianguis y mercados puede ser un primer paso para que la Dirección de medio ambiente de Metepec, elabore al menos 2,352 ton/año de composta, la cual es posible vender o utilizar en las áreas verdes. De acuerdo con Rodríguez & Córdova (2006), el compostaje puede ayudar en dos objetivos principales: el primero está relacionado con la disposición final, ya que reduce la cantidad de residuos; y consecuentemente el impacto por la menor generación de metano, principal gas de efecto invernadero, producido por la degradación anaerobia en el RESA.

El segundo se refiere al mejoramiento de suelo en la agricultura y el mantenimiento de parques y jardines, entre otras posibilidades. Sin embargo, el conocimiento del proceso no ha sido ampliamente difundido entre los miembros de las administraciones públicas municipales, quienes tienen las mayores oportunidades de fomentar el desarrollo del compostaje de residuo orgánico, dadas las características legales y administrativas en este país.

En la tabla 3, se presentan los costos totales que los agentes de cambios pueden atribuir en su conjunto; con los ajustes por peso muerto, atribución y decrecimiento.

Tabla A.6 Costos totales descontados en \$, MX

Conceptos/ Porcentajes	Peso Muerto	Atribución	Decrecimiento	Impacto Tot
Integración, sensibilización de la población y creación de la cultura de reciclaje				
Los bonos intercambiables son un incentivo para el fomentar el reciclaje en los hogares	0	0	0	3,600,000.00
Educación ambiental hacia el reciclaje, casa por casa y los jefes de manzana están organizados.	0	0	0	200,000.000
Los residentes de los hogares capacitados separan los RSU y barren sus calles	0	0	0	1,206,000.00
Los trabajadores de comercios se capacitan para separar RSU	0	0	0	405,400.00
El programa de bonos por predial se institucionaliza	0	60	0	480,000.00
Organización Empresarial				
El departamento de limpia pública maximiza sus recursos económicos para tener un mejor manejo de RSU.	0	0	0	3,643,200.00
Separación, Distribución y Comercialización de los RSU, antes de llevarlo a su destino final	0	0	0	1,200,000.00

La autoridad genera 70 empleos para barrer toda la ciudad	0	30	0	3,528,000.00
Existe supervisión del manejo de RSU	0	0	0	184,000.00
El gobierno crea un departamento de marketing y publicidad “Orizaba te quiero limpio”	0	0	0	800,000.00
Pago al Centro de Composta				
Se genera una empresa compostera para darle un proceso biológico a los RSU y se fomenta los abonos orgánicos	0	50	0	324,000.00
Incorporación de la industria				
Precio por la planta ECORI	0	0	0	10,000,000.00
Formalización del sector RSU				
Centro de acopio 1 cumple con la ley	0	70	20	9,000.00
Respetar legislación ambiental				
La PMA Veracruz clausura empresas por mal manejo de RSU.	90	90	20	720.00
COSTOS TOTALES				27,304,504.00

Debido a la percepción que los bonos e incentivos a la sociedad, empleados, comerciantes y sectores relacionados con el manejo de RSU representan un costo para el municipio, se genera una relación empática entre estos actores. La capacitación sobre la separación de sus RSU desde origen, con base en las Normas Oficiales Mexicanas, genera una organización empresarial entre éstos, facilitando la administración del recurso humano.

Cabe enfatizar que la Empresa especialista en RSU puede generar todo el tren de tratamiento de los residuos, la comercialización, la publicidad, y subproductos como la generación de diésel a partir de plásticos. A la par que se genera un Centro de Valorización, donde se separarían, distribuirían y se comercializarían los residuos reciclables, y se procesarían los residuos orgánicos por medio del compostaje, todo esto en el entendido que tendría que cumplir con los requisitos legales para su funcionamiento.

Por último, es indispensable respetar la legislación ambiental por parte de la PROPAEM, ya que ante los incumplimientos observados de la norma se hacen acreedores a clausuras; además que se requiere invertir en un mayor número de inspectores.

Fase 5. Cálculo del SROI

Una vez calculados los cambios principales, tanto de los ingresos totales de 2,991,408.7 USD, como de los costos totales del orden de 1,804,085.9 USD, se realizó la proyección financiera para el periodo 2020-2024. En la Tabla 4, se desglosan los ingresos y los costos de los principales cambios en un lapso de cinco años, con una tasa de descuento del 3%, propuesta por el economista Nicholas Stern (Stern, 2007)

Tabla A.7 Cálculo del SROI a cinco años

INGRESOS	Cálculo del Retorno Social (USD) (tasa de descuento 3% STERN)				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Respeto leyes locales	141,746.60	133,609.77	129,718.22	125,940.02	122,271.86
Los ciudadanos y comercios son responsables	67,860,291.26	63,964,832.94	62,101,779.55	60,292,989.85	58,536,883.35
Disminución de envíos al RESA	1,276,264.08	1,203,001.30	1,167,962.43	1,133,944.10	1,100,916.60
Beneficios para sec. vulnerables	555,826.02	523,919.33	508,659.55	493,844.22	479,460.41
Incorporación de la Industria	3,749,312.62	3,534,086.74	3,431,152.17	3,331,215.70	3,234,190.00
Servicio social jóvenes	533,009.71	502,412.77	487,779.39	473,572.22	459,778.86
Hacer composta con RSO	314,563.11	296,505.90	287,869.80	279,485.25	271,344.90
INGRESOS TOTALES	74,431,013.40	70,158,368.74	68,114,921.11	66,130,991.37	64,204,845.99
COSTOS	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cultura de reciclaje	14,975,631.07	14,115,968.58	13,704,823.87	13,305,654.24	12,918,110.91
Organización empresarial	4,958,446.60	4,673,811.48	4,537,681.05	4,405,515.58	4,277,199.60
Nuevos empleos	3,425,242.72	3,228,619.77	3,134,582.31	3,043,283.79	2,954,644.46
Creación de un Centro de Transferencia y separación	10,873,786.41	10,249,586.58	9,951,054.94	9,661,218.39	9,379,823.67
Incorporación de la industria	1,660,893.20	1,565,551.14	1,519,952.56	1,475,682.10	1,432,701.07
Legislación ambiental	9,436.89	8,895.18	8,636.09	8,384.56	8,140.35
COSTOS TOTALES	35,903,436.89	33,842,432.74	32,856,730.81	31,899,738.66	30,970,620.05

Como se muestra en la tabla 5, se obtuvieron los valores descontados de los ingresos totales, menos los costos totales en cada año para obtener el VAN (Ec.1), resultando de 6,028,065.9 USD. Finalmente se obtuvo el SROI de 1.27, dividiendo el VAN entre la inversión total que fue de 4,735,439.1 USD (Ec.2).

Tabla A.8 Retorno Social de la Inversión \$ MX

Años	2020	2021	2022	2023	2024
Valores	\$	\$	\$	\$	\$
Descontados	47,921,751.26	47,427,508.53	46,961,266.45	46,481,949.62	
VAN					\$ 234,783,191.06
Retorno Social					2.16

El retorno social de la inversión indica que, por cada dólar invertido, se recuperarán 27 centavos de dólar, por lo que éste es mayor a 1 y mayor a la tasa propuesta por Stern (2007) de 0.3. El SROI obtenido para el Programa de limpia pública del municipio de Metepec, Estado de México, es ampliamente sustentable financiera, social y ambientalmente. Conforme a lo anterior, es importante invertir en este tipo de sectores para que las generaciones futuras no se vean afectadas.

ANEXO B. CONSTANCIA DE RESULTADOS, LIMPIA PÚBLICA METEPEC



"2021. Año de La Consumación de la Independencia y la Grandeza de México".

Metepec, Estado de México, a 22 de diciembre del 2021
No. De Oficio DSP/0373/2021

MTRA. NANCY HOCHSTRASSER CASTILLO
ESTUDIANTE DE POSGRADO DEL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA

Por medio de la presente se hace constar que recibimos los resultados de la investigación sobre residuos sólidos urbanos en el Municipio de Metepec, realizado por Usted, quien fue dirigida por el Dr. Isaías de la Rosa Gómez, la Dra. María Consuelo Hernández Berriel y el Dr. Carlos Gabriel Borbón Morales.

Esta autoridad municipal agradece la aportación de su investigación en tan importante tema, toda vez que el manejo integral de residuos sólidos en los municipios debe ser un asunto de seguridad y salud pública, y debe estar siempre encaminado a garantizar el cuidado del medio ambiente y recuperar los materiales valorizables, por lo que, dichos resultados serán tomados en cuenta para futuras políticas públicas sobre la gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de Metepec.

Sin más por el momento le mandamos un cordial saludo.

ATENTAMENTE



DIR. GILDARDO QUIROZ SALCEDO
DIRECTOR DE SERVICIOS PÚBLICOS DE METEPEC

c.c.p. Archivo
AFZ

Av. Estado de México No. 120, Barrio de San Miguel, Metepec, Estado de México
Tel. 3 85 02 70

ANEXO C. CONSTANCIA DE RESULTADOS, LIMPIA PÚBLICA MEXICALTZINGO



AYUNTAMIENTO CONSTITUCIONAL DE MEXICALTZINGO
2019 – 2021
"2021, Año de la Consumación de la Independencia y la Grandeza de México"



541
Mexicaltzingo, México a 25 de octubre de 2021
Oficio: PMM/DEMA/045/2021
ASUNTO: Constancia de resultados

MTRA. NANCY HOCHSTRASSER CASTILLO
ESTUDIANTE DE POSGRADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA
PRESENTE.

Por medio del presente le envío un cordial saludo, al mismo tiempo se hace constar que recibimos los resultados de la investigación de la Mtra. Nancy Hochstrasser Castillo la cual fue dirigida por el Dr. Isaías de la Rosa Gómez, la Dra. María Consuelo Hernández Berriel y el Dr. Carlos Gabriel Borbón Morales.

El Ayuntamiento de Mexicaltzingo 2019–2021 agradece el aporte por los resultados obtenidos, los cuales serán tomados en cuenta para futuras políticas públicas sobre la gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio.

Sin más por el momento quedo de usted.

ATENTAMENTE


DIRECCIÓN DE 
25 OCT 2021

ING. OSCAR MATA LINAS
DIRECTOR DE ECOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE
Y PANTEONES DE MEXICALTZINGO, MÉXICO.

C.c.p. Archivo

Independencia N°. 100, Colonia Centro, Mexicaltzingo, Estado de México, C.P. 52180
Tel.: (722) 2 - 63 - 09 - 07

ANEXO D. CONSTANCIA DE DIFUSIÓN DE INVESTIGACIÓN EN LIMPIA PUBLICA EN ORIZABA VERACRUZ



MTRA. NANCY HOCHSTRASSER CASTILLO
ALUMNA DE POSGRADO DEL INSTITUTO
TECNOLOGICO DE TOLUCA.
PRESENTE.-

Por este conducto, en mi carácter de Coordinador de Limpia Pública del H. Ayuntamiento Constitucional de Orizaba, autorizo a Usted para difundir la información obtenida en la Coordinación a mi cargo **únicamente en su Tesis Doctoral** y ello siempre señalando que la información es propiedad del H. Ayuntamiento Constitucional de Orizaba que, con las facultades que me fueron concedidas en el Reglamento de Limpia Municipal ejerzo.

Sin otro particular, quedo de Usted.

ATENTAMENTE
Orizaba, Veracruz, a 06 de febrero de 2020.



LIC. JOSE ANDRÉS MORALES CORTES
COORDINADOR DE LIMPIA PUBLICA

Av. Colón Poniente No.320
Col. Centro C.P. 94300
Tel.: (272)726.22.22
www.orizaba.gob.mx

ANEXO E. CEDULA DE ENCUESTA PARA APLICACIÓN CASA-HABITACIÓN

CEDULA DE ENCUESTA PARA APLICACIÓN A CASA-HABITACIÓN												
Datos generales:												
Temporada:	Estiaje	Lluvias	Estado:	Alto	Medio	Bajo	Fecha:				Hora:	
Nombre del encuestado:							* No. Encuesta:					
Calle y Número:				Colonia:			C.P.:					
Localidad:			Municipio:			Estado:						
Coordenadas:		* Latitud:			* Longitud:							
I Gestión de residuos. Indique con una X la respuesta:												
1	¿Al consumir un producto en la calle, ¿qué hace con el residuo?			Lo tira en la calle		Lo tira en el contenedor adecuado		Lo guarda				
2	¿Considera importante mejorar la calidad del medio ambiente?			Si	No	No contesto		No sabe				
3	¿Cómo califica la conducta de las personas que tiran basura en la calle?			Pésimo		Mal		Regular		Bueno		Excelente
4	¿Recomienda el uso de botes de basura en lugares públicos?			Si		No		No contesto		No sabe		
5	¿Recomienda el uso de contenedores cerca de sus casas?			Si	No	No contesto		No sabe				
6	¿Barre la calle frente a su casa?			Si	No	No contesto		No sabe				
¿Qué hace con los siguientes residuos?												
	Residuo	Quema	En tierra	Entrega separado al camión recolector		Entrega separado al camión recolector		Dona	Vende	Otro:		
	Cartón											
	Vidrio											
	PET											
	HDPE											
	Unicel											
	Tempack											
	Aluminio											
	Latas											
	Metales											
	Juguetes											
	Llaves											
7	Papel (cuadernos, libros, etc.)											
	Bolsas de Plástico											
	Materiales de construcción											
	Muebles (Sillas, colchones, etc.)											
	Medicamentos y materiales de curación											
	Electrónicos (TV, cables, etc.)											
	Ropa y zapatos											
	Aceite de automóvil											
	Aceite de cocina											
	Pilas (Alcalinas)											
	Pañales											
	Orgánicos e higiénicos											
Si vende los siguientes residuos, ¿Cuál es el precio?												

8	Si vende los siguientes residuos, ¿Cuáles el precio?											
	Residuo	Cartón	Papel	PEI	HDPE	Latas	Electrónicos	Metales	Otro:			
	Precio	S/kg	S/kg	S/kg	S/kg	S/kg	S/kg	S/kg				
9	¿Considera que los residuos pueden ser aprovechados?			Si	No	No contesto	No sabe					
10	¿Considera que la separación de residuos orgánicos e inorgánicos mejoraría la calidad del medio ambiente?							Si	No	No contesto	No sabe	
11	¿A quién considera como responsable de la separación de residuos?			Ciudadanos			Ayuntamiento		Ambos			
12	¿Sabe que es una composta?		Si	No	No contesto	No sabe						
13	¿Cómo se alguna empresa que venda nuevos productos con los residuos?				Si	No	No contexto	No sabe				
14	Si conoce alguna empresa, ¿Cuáles el nombre?					Residuo :Producto						
15	¿Cómo almacena sus residuos en casa?			Bolsa	Contenedor /Bote	Caja	Otro					
16	¿Con qué frecuencia realiza la separación de los residuos?				Diario	Semanal	Mensual	Otro				
17	Si no separa los residuos, ¿Cuál es la razón por la que no lo hace?											
	Falta de información		Falta de contenedor		Falta de tiempo		Falta de interés		El recolector los junta		Otro:	
18	¿A quién le entrega sus residuos?			Ayuntamiento		Particular		Otro ¿Cuál?				
19	¿Cuántas veces a la semana para el camión de recolección por los residuos?				0	1	2	3	4	5	6	7
20	¿Cuántas veces a la semana usa el servicio de recolección de residuos?				0	1	2	3	4	5	6	7
21	¿En qué horario usualmente se realiza la recolección de los residuos?				Madrugada		Mañana		Tarde		Noche	
22	¿Qué cantidad de residuos se generan en su casa a la semana aproximadamente?				5 - 10 kg		11 - 15 kg		26 - 30 kg		31 - 35 kg	Más de 35 kg
23	¿Cómo se realiza la recolección de residuos en su calle?			Banqueta	Contenedor	Puerta a Puerta						
24	¿Considera que el camión recolector es adecuado para transportar los residuos?					Si	No	No contexto	No sabe			
25	¿Qué hace cuando al sistema de recolección municipal no brinda el servicio de limpieza?				Almacena	Quema	Entierra	Deposita en contenedor	Los deja en la calle	Otro		
26	¿Coopera con alguna propina para la recolección de los residuos?				Si	No	No contexto	No sabe				
27	Si ¿Cuánto les cooperan?		S\$ - \$10		\$10 - \$15		\$15 - \$20		Más de \$20			
28	¿Cómo considera el servicio de recolección de residuos?				Pésimo		Malo		Regular		Bueno	Excelente
29	¿Cree que serviría contar con un botón de quejas y sugerencias respecto al servicio de recolección de residuos?							Si	No	No contexto	No sabe	
30	Si existiera una tarifa semanal por un mejor servicio, ¿cuánto estaría dispuesto a pagar?					Nada	\$1 - \$5	\$5 - \$10	\$11 - \$15	\$15 - \$20	> \$20	
31	¿Qué cambio propondría en el sistema de recolección?				Ninguno	Al Personal	Los Camiones Recolectores		El Tipo de recolección		Otro:	
32	¿Sabe dónde son depositados los residuos que genera?				Si	No	No contexto	No sabe				
33	¿Dónde ?		Relleno de tierra controlado		Relleno Sanitario		Tinderero a cielo abierto		Estación de transferencia		Otro:	
34	¿Cómo califica la idea de construir un mejor sitio de disposición final?				Pésimo		Malo		Regular		Bueno	Excelente
35	Le gustaría participar en un comité para mejorar el manejo de residuos.				No	Si	Nombre :				Teléfono:	
36	¿Sabe que sucede con sus residuos cuando los entrega al camión recolector ?				Si		No		No contesto		No sabe	
37	¿Estaría dispuesto a obtener una capacitación sobre el manejo integral de residuos para mejorar la calidad del medio ambiente?							Si	No	No contexto	No sabe	
38	¿Cómo califica la idea de construir una planta para elaborar composta?				Pésimo		Malo		Regular		Bueno	Excelente
39	¿Cómo califica la idea de construir una planta para quemar los residuos?				Pésimo		Malo		Regular		Bueno	Excelente
40	¿Considera necesario el trabajo conjunto entre escuelas y municipios?					Si		No		No contexto		No sabe
41	¿Estaría dispuesto a participar en un estudio de caracterización?					Si		No		No contexto		No sabe
II Características de la vivienda												
1	¿Cuántas personas habitan la vivienda?											
2	¿Cuántas habitaciones tiene su hogar (sin contar pasillos, baños, medios baños, patios y zotehuetas)?											
3	¿Cuántos baños completos con regadera y tina tiene en su hogar?											
4	Contando todos los focos, incluyendo los de techos, paredes y lámparas de buró o piso, ¿cuántos focos tiene su hogar?											
5	¿Cuántos automóviles propios, excluyendo taxis, tienen en su hogar?											
6	¿El piso de su hogar es predominantemente de tierra o de cemento?				Si	No	Otro :					
9	¿Cuenta con estufa ?				Si	No	Gas	Eléctrica	Brasero	Otra		
Observaciones:												

ANEXO F. GUÍA DE CAPACITACIÓN

- 1- **Presentarse**, enseñar el oficio de apoyo del municipio de Metepec y mencionar que es un **proyecto para demostrar**
- 2- **Presentar el problema ambiental** a nivel mundial, de México y del lugar de prueba piloto. Enfatizando que **“SEPARADA NO ES BASURA”**.
- 3- Señalar cuanto es lo que generan diariamente y por persona, señalando cuanto es de residuos orgánicos, residuo valorizable y residuo no valorizable este último es lo único que se debería enviar al relleno sanitario.
- 4- Mencionar las 4 R's: REDUCAR, REDUCIR, REUSAR Y RECICLAR (**Pet, Lata, Cartón y plástico rígido**)
- 5- Enseñar cómo se clasifica la basura: Productos valorizables: (**Pet, Lata, Cartón y plástico rígido**), Orgánica y difícil de reciclar. OJO: Separar PILAS y material de curación-envases de medicinas (medicinas)
- 6- **ENFATIZAR COMO PREPARAR LOS RESIDUOS VALORIZABLES**
 - a) Prepara botes de basura
 - b) Lavar los residuos
 - c) Organizarlos (enseñar físicamente como deben preparar sus residuos, se les dará un kid de residuos)
- 7- **Recomendaciones**
 - a) Uso de bolsas de tela y toppers para ir de compras
 - b) Uso de biodigestores de excretas de animales
 - c) Tirar el papel de baño en el inodoro

**SEÑALAR CIERRE DE LA CAMPAÑA AMBIENTAL ubicación y hora
AL FINAL SE LES ENTREGARA UN REPORTE DE RESULTADOS Y SE
LES DARA LOS CONTACTOS DE LOS CENTROS DE ACOPIO.**

Dar mi contacto: Mtra. Nancy Hochstrasser Castillo (3316975275)

Dar un tríptico por casa y que firmen la hoja de capacitación.

Fecha de inicio de recolección de residuos de manera diferenciada

ANEXO G. TRÍPTICOS PARA CAPACITAR (FORESTA & CABECERA MEXICALTZINGO)

Recomendaciones

Usa bolsas de tela y **toposes** para ir de compras

Usa biodigestores de excretas de animales

Es tiempo de reciclar y tener un mundo mejor

¿QUÉ ESPERAS?

REDUCE	REUTILIZA	RECICLA	REDUCE

CONTÁCTO

Nancy Hochstrasser Castillo
+52 1 33 1697 5275

FORESTA + LIMPIO

"PORQUE ME GUSTA VIVIR EN FORESTA"

Debido a la contaminación y explotación del papel, plástico, metales, químicos y otros, se genera LA CONTAMINACIÓN. El agua que bebimos tiene en su composición el porcentaje más de la tierra que jamás ver en el mundo. Yo amo el planeta.

¡HACIA CERO BASURA

¿Sabías que? 🤔

En 2018 México fue identificado como el país que más basura genera en Latinoamérica.

Razones para reciclar

5 Razones para Reciclar

- Reducción de emisiones de CO₂
- Se minimiza contaminación de recursos naturales
- Creo oportunidades de empleo
- Ahorro espacio en vertederos
- Disminuye el costo de recolección



La basura se clasifica en:

- Envases**
 - 1. PET
 - 2. Plástico rígido
 - 3. Latas
 - 4. Cartón
- Orgánica**
 - Restos de verdura
 - Cascaras de fruta
 - Semillas
 - Huesos
 - Lácteos
 - Sobrantes de comida
 - Te, Filtros
 - Residuos de jardinería
- Difícil reciclar**
 - envoltura de dulces, chicles, unicel, pañales y toallas sanitarias, material de curación, medicamentos, pilas

Ojo aquí 👁️

¿CÓMO PREPARAR LOS RESIDUOS VALORIZABLES?

- Prepara los botes para separar
- Lava los residuos valorizables
- Organízalos

¿Dónde se tira el papel?

PREGUNTA: ¿cómo se tira el papel?

RESPUESTA LA TAZA:

LOS GASETAS NO TIENEN PROBLEMA CON EL PAPEL DE BARRA:

EN CAMBIO, LOS ENVOLTURAS DE PAPEL TACIO SON UN APOYO DESEADADO E INTELIGENTES:

¡NO! ¡NO! ¡NO! PARA PAPEL:

¡NO! ¡NO! ¡NO! PARA PAPEL:

Usa Bolsas de Tela y Toppers para salir de compras.

SAL A COMPRAR DE MANERA INTELIGENTE

USA TRAMPAS PARA GRASA

EN TU NEGOCIO Y CASA



Contacto

M. en C. Nancy Hochtrasser Castillo
Responsable

33 169 752 75



Hob Haciacerobasura



HACIA CERO BASURA

¡Es tiempo de reciclar y tener un mundo mejor!

¿QUE ESPERAS?

REDUCE	REUTILIZA	RECICLA	REDUCE

¿Sabias que ?

En el 2018 México fue identificado como el País que más basura genera en Latinoamerica.



Razones para reciclar

5 Razones para Reciclar

- Reducimos la contaminación
- Se minimiza la utilización de recursos naturales
- Crea oportunidades de empleo en el campo del reciclaje
- Ahora espacio en vertederos
- Disminuye el daño producido a zonas naturales

¿SABES COMO SEPARAR LA BASURA?

LA BASURA SE CLASIFICA EN:

RECICLABLES

- * REUSA Y UTILIZA (nuevos productos)
- * PET (Polietileno Tereftalato)
- * HDPE (Polietileno de alta densidad)
- * Latas de aluminio y fierro
- * Vidrio
- * Envases Tetra Pak
- * Cartón y papel

ORGÁNICOS

- * Bolsas de té, filtros de café y tierra
- * Cascaras de frutas y vegetales
- * Cascarn de huevo
- * Dulces, galletas y pasteles
- * Plantas y flores de hogar
- * Pastas, pan y cereal
- * Residuos de jardinería

ORGÁNICOS

- * RESIDUOS CÁRNICOS Y DE ORIGEN ANIMAL
- * Carne y pescado
- * Huesos
- * Productos lácteos
- * Sobrantes de comida

NO RECICLABLES

- * DIFÍCIL RECICLAR
- * Envolturas de dulces, chicles unidos, bolsas, papel de baño pañales y toallas sanitarias.
- * MATERIAL ESPECIAL
- * Material de curación, medicamentos, pilas, electrónicos, llantas, y material de construcción.

Ojo Aquí

¿ COMO PREPARAR LOS RESIDUOS VALORIZABLES ?

RECUERDA QUE CONTAR CON RECIPIENTES SERA MAS FÁCIL TU RECICLAJE



Todo junto es basura, separado es residuo y se puede valorizar



RECUERDA: NO MEZCLAR, ES LA CLAVE

ANEXO H. LOGO DEL PROGRAMA HACIA CERO BASURA

HACIA CERO BASURA

