

The logo for Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) features the letters 'UACM' in a bold, white, sans-serif font against a dark red background.

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

PROGRAMA DE ENERGÍA

**PROGRAMA PARA EL MANEJO INTEGRAL
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL
PLANTEL SAN LORENZO TEZONCO DE LA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD
DE MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
LICENCIATURA EN:

INGENIERÍA EN SISTEMAS ENERGÉTICOS

P R E S E N T A:

LUCERO FUENTES AYALA

DIRECTORA DE TESIS:

**Dra. Ma. Claudia Roldán Ahumada
Profesora-Investigadora del PEUACM**

Ciudad de México, Mayo, 2021

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS[©]

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

INTEGRACIÓN DEL JURADO:

Presidente: Dr. Carlos Chávez Baeza, Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Secretario: Dra. Ma. Claudia Roldán Ahumada, Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Vocal: Mtro. Raúl Amílcar Santos Magaña, Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

1^{er}. Suplente: Mtro. Juan Gilberto Salas Márquez, Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Lugar donde se realizó la carrera:

PLANTEL SAN LORENZO TEZONCO, UACM.

DIRECTORA DE TESIS:



Dra. Ma. Claudia Roldán Ahumada
Universidad Autónoma de la Ciudad de México

AGRADECIMIENTOS

“Más vale adquirir sabiduría que oro;
más vale adquirir inteligencia que plata”
Proverbios 16:16

En primer lugar, agradezco a Dios Yahvé por darme el aliento de vida, por estar conmigo en todos los momentos, por escuchar cada una de mis oraciones, por darme la fuerza para concluir alegremente mi formación universitaria.

A mi familia, les doy las gracias por ser pacientes y por apoyarme, particularmente aprecio el amor incondicional de mi abuelita María Guadalupe Rivera García, quien llegó a ser mi inspiración, por creer en mí, por sus sabios consejos, te amo y extraño; a mi amada madre, América Ayala García, por crear en mí hábitos de estudio, por enseñarme a ser una persona capaz de superar difíciles circunstancias; a mi estimado padre, Víctor Manuel Fuentes Rivera, por enseñarme la pasión y la entrega al trabajo; a mi tierno esposo Rigoberto Jiménez Hernández, por confiar en mí, por financiar mi educación superior, por ser paciente y finalmente a mi amado hijo, Jared Jiménez Fuentes, gracias mi amor por entender a mamá, fue muy difícil para mí tener que dejarte en guarderías, este logro también es para ti mi pequeño.

Un enorme reconocimiento a todos mis maestros, en especial al Lic. Alberto Heredia, a la Lic. Rosa María Trujillo, al Lic. Enrique Sarco y al Lic. Isidro Mendoza, así también a mis profesores del IEMS, al Lic. Jesús Vargas, al Ing. César Hernández, al Mtro. Edgar Guadalupe Adame, al Lic. Jorge Jarquin, al Lic. Carlos Olivares, al Ing. Iván Casasola, al Lic. Christian Flores, al Lic. Juan Osornio y a mi estimada profesora María Isabel Rodríguez, a quienes admiro profundamente.

A mis profesores de licenciatura, al Dr. Álvaro Lenz, al Dr. Eduardo Rincón, al Dr. Fernando Arroyo, al Mtro. Raúl Amílcar, a la Mtra. María de la Luz Tabaco, al Mtro. Juan González, a la Dra. Cynthia Pech, al Dr. Sergio Quezada, al Mtro. Mitl Duran, a la Mtra. Annel Montes Zúñiga, al Dr. Marco Antonio Noguez, al Dr. Alfredo del Oso, a la Mtra.

Rosa María Torres, al Dr. Armando Reyes y mi tutor el Dr. Carlos Chávez, a todos ellos mi profundo reconocimiento y admiración, han dejado una gran huella en mí.

Una mención especial a la Dra. Ma. Claudia Roldan Ahumada, profesora e investigadora del Programa de Energía, por su pasión y entrega a la docencia, por su dedicación, por su profesionalismo y sobre todo por su calidez humana, es capaz de transmitir virtudes y valores, gracias por darme la maravillosa oportunidad de trabajar a su lado.

Agradezco el intenso trabajo del personal de limpieza del plantel SLT, a la Lic. Julia Cortes por facilitar los insumos necesarios para llevar a cabo el muestreo y un enorme reconocimiento a mis amigos Vicente Nava Cerrillo y Josué Méndez González, quienes ayudaron en la realización del muestreo, sacrificando tiempo y esfuerzo, sin su apoyo no lo hubiese logrado.

A mis amigos a quienes quiero y aprecio, por los buenos y malos momentos, por sus consejos y motivación, gracias Estefanía Ávila Ramírez, Edgar Rojas Robles y Jesús González Ramírez, son como mis hermanos.

Finalmente doy gracias a mi estimada casa de estudios a la Universidad Autónoma de la Ciudad de México por abrirme las puertas y darme la oportunidad de formarme como Ingeniera en Sistemas Energéticos, por apoyarme con la Beca de servicio Social 2019-I, la Beca de trabajo recepcional 2020-I y el apoyo otorgado para la impresión y/o empastado de la tesis.

Gracias a todos ustedes.

ÍNDICE

Resumen	8
Abstract	8
Introducción	10
Planteamiento del problema	14
Objetivos.....	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos	16
Capítulo I. Antecedentes	17
1.1. Residuos Sólidos	17
1.2. Los residuos sólidos en el mundo, en México y en la Ciudad de México.....	19
1.3. La situación de los residuos sólidos en la Alcaldía Iztapalapa.....	27
1.4. Características de los Residuos Sólidos Urbanos	30
1.5. Producción de Residuos Sólidos Urbanos.....	31
1.5.1. Producción Per. Cápita de Residuos Sólidos Urbanos	33
1.5.2. Producción de Residuos e Ingresos.....	34
1.6. Ciclo de vida de los Residuos Sólidos Domiciliarios.....	36
1.7. Efectos de la inadecuada Gestión de Residuos Sólidos.....	37
1.7.1. Riesgos de la Salud	38
1.7.2. Efectos en el Ambiente	41
1.7.3. Riesgos para el Desarrollo Social	44
1.7.4. Riesgos para el Desarrollo Urbano.....	45
Capítulo II. Marco Teórico-Conceptual	46
2.1. Desarrollo sustentable.....	46
2.1.1. Objetivos de Desarrollo Sustentable	47
2.2. Análisis de Ciclo de Vida.....	50
2.2.1. Plásticos.....	52
2.2.2. Papel.....	58
2.3. Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos	60
2.4. Normatividad en México.....	63
Capítulo III. Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos	66
3.1. Caracterización de los residuos	68
3.2. Almacenamiento	70
3.3. Sistemas de recolección	72

3.4.	Rutas de recolección.....	73
3.5.	Transferencia de residuos sólidos.....	74
3.6.	Tratamiento y valorización de residuos sólidos.....	75
3.6.1.	Reciclaje.....	77
3.6.2.	Compostaje.....	78
3.6.3.	Aprovechamiento energético de los residuos sólidos.....	79
3.7.	Centros de acopio.....	97
3.7.1.	Clasificación.....	97
3.7.2.	Criterios técnicos para la construcción.....	98
3.7.3.	Instalaciones requeridas en el centro de acopio.....	99
3.7.4.	Criterios técnicos para la operación.....	100
3.7.5.	Criterios técnicos para el cierre y abandono.....	101
3.8.	Disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos.....	101
3.8.1.	Rellenos sanitarios.....	102
Capítulo IV. Caracterización de la zona de estudio.....		104
4.1.	Localización.....	105
4.2.	Climatología.....	105
4.3.	Fisiografía.....	106
4.4.	Hidrología.....	106
4.5.	Fauna.....	107
4.6.	Flora.....	107
4.7.	Zonificación del caso de estudio.....	107
4.8.	Muestreo.....	109
4.9.	Descripción de los datos.....	121
4.9.1.	Generación por día.....	121
4.9.2.	Porcentaje en peso de cada tipo de residuo.....	123
4.9.3.	Generación per cápita.....	126
4.10.	Resultados.....	128
Capítulo V. Propuesta de Manejo Integral de los RSU.....		130
5.1.	Programa de educación ambiental.....	130
5.2.	Proyecto: Tezonco Sustentable.....	133
5.2.1.	Ejes de acción.....	134
5.2.2.	Plataforma digital <i>Tezonco Sustentable UACM</i>	138
5.2.3.	Etapas del MIRSU.....	139
5.2.5.	Estrategias de capacitación.....	146

5.2.5. Campañas.....	149
5.3. Separación.....	158
5.3.1. Diseño de las nuevas islas de separación.....	163
5.3.2. Esbozo de los pictogramas	174
5.3.3. Recolección de los residuos generados	180
5.4. Almacenamiento temporal.....	183
5.4.1. Centro de acopio Uacemita SLT	184
5.4.2. Planta de compostaje.....	188
5.4.3. Disposición de uniceL.....	190
5.5. Estudio de mercado	192
5.6. Otros residuos.....	194
5.6.1. Residuos de manejo especial.....	194
5.6.2. Residuos peligrosos.....	195
5.7. Mantenimiento y seguimiento del programa de separación	197
Capítulo VI. Oportunidades de aprovechamiento energético de los Residuos Sólidos Urbanos en el Plantel San Lorenzo Tezonco	200
6.1. Biogás.....	200
6.2. Bioetanol.....	201
Capítulo VII. Resultados	203
7.1. Propuesta de manejo	203
7.2. Propuesta de seguimiento y mantenimiento.....	204
7.3. Análisis de la propuesta	205
Conclusiones.....	207
Anexos	213
Anexo A: Muestreo preliminar.....	213
Anexo B: Borrador de Manual de eventos sustentables.....	220
Anexo C: Borrador de la publicación digital para profesores	230
Anexo D: Carteles realizados.....	236
Anexo E: Bosquejo a mano alzada de pictogramas seleccionados.....	244
Anexo F: Boceto a mano alzada del carrito de recolección.....	251
Anexo G: Ficha técnica de las islas de separación de la UNAM	253
Abreviaturas	258
Índice de figuras	259
Índice de tablas	262
Referencias	264

Resumen

De acuerdo con el análisis realizado, se estima que en el plantel SLT se produce al año cerca de 24 toneladas de residuos sólidos urbanos, los cuales deben ser gestionados en conformidad con la normatividad aplicable. El programa para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos del plantel SLT de la UACM, es una propuesta que se integra al proyecto Tezonco Sustentable, consta de tres etapas, generación, separación, aprovechamiento y valorización, para su estructuración fue necesario dividir el plantel en tres zonas, aulas, comedor y cubículos de profesores. En estos lugares se realizó un muestreo para identificar, cuantificar y caracterizar los desechos generados en el plantel, con base en lo anterior, se plantearon estrategias enfocadas en temas de educación ambiental con el propósito de minimizar la generación de residuos y concientizar a la población universitaria sobre la importancia de la conservación y preservación del ambiente, además se desarrollaron propuestas para la modificación de la infraestructura actual donde se depositan los desechos. El objetivo es hacer eficiente la segregación de los residuos y facilitar su aprovechamiento, asimismo se contempla la creación de un comité ambiental que se encargue de dirigir, evaluar e implementar medidas de seguimiento y mantenimiento del programa. La propuesta de manejo integral, a través de distintos mecanismos analiza las oportunidades de mitigación de impacto ambiental, de esta manera se reconoce el compromiso que tiene la comunidad universitaria con la sociedad, a nivel local, nacional e internacional.

Abstract

According to the analysis carried out, it is estimated that the SLT campus produces about 24 tons of urban solid waste per year, which must be managed in accordance with the applicable regulations. The program for the Integral Management of Urban Solid Waste of the SLT campus of the UACM, is a proposal that is integrated into the Tezonco Sustentable project, it consists of three stages, generation, separation, use and recovery, for its structuring it was necessary to divide the campus in three areas, classrooms, dining

room and teachers' cubicles. In these places a sampling was carried out to identify, quantify and characterize the waste generated in the campus, based on the above, strategies focused on environmental education issues were proposed with the purpose to minimize the generation of waste and raise awareness among the university population about the importance of conservation and preservation of the environment, in addition proposals were developed for the modification of the current infrastructure where waste is deposited. The objective is to make the segregation of waste efficient and facilitate its use, also contemplates the creation of a committee to I was in charge of directing, evaluating and implementing follow-up and maintenance measures for the program. The comprehensive management proposal, through different mechanisms, analyzes the opportunities for mitigating environmental impact, in this way recognizing the commitment that the university community has with society, at the local, national and international levels.

Introducción

El sistema económico actual en el que vivimos está basado en el poder adquisitivo de bienes y servicios, lo que ocasiona que los medios de producción incrementen la demanda y agotamiento de recursos naturales en el planeta (World Bank Group, 2018).

Lo de hoy es *comprar y desechar*, esta acción se traduce en una excesiva generación de desechos, con base en lo reportado por el Banco Mundial, en 2016 se estimó que la generación de residuos fue de 2.01 mil millones de toneladas y se espera que para el 2050 la generación sea de 3.40 mil millones de toneladas, de los cuales, los países de altos ingresos generaron el 34% de los desechos en el mundo, en contra parte, los países de bajos ingresos producen apenas el 5% del total; En México se observa una relación entre el aumento de producción de residuos con el PBI nacional, en otras palabras, esto indica que a mayores niveles de consumo se produce un incremento en el volumen de residuos.

En el territorio nacional se tiene una generación per cápita de 1.16 kg al día, de acuerdo con lo publicado por la SEMARNAT, se genera anualmente 42.7 millones de toneladas de RSU, de estos sólo el 10% se recicla, el resto se dispone en tiraderos o en los rellenos sanitarios.

La Ciudad de México genera 13,073 toneladas de residuos al día, es decir en promedio se genera 1.38 kg de residuos al día por habitante, alcaldías como Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc generan el 41% del total de los residuos producidos en la capital. En 2018, se identificaron 1252 tiraderos clandestinos de RSU, de los cuales 331 se encuentran en la alcaldía de Iztapalapa, para combatir la formación de dichos sitios, la SEDEMA ha impulsado toda una serie de estrategias y programas que permiten la adecuada gestión de los residuos.

En conformidad con la normatividad vigente, tanto a nivel nacional como estatal, las instituciones y autoridades tienen la responsabilidad de gestionar de manera pertinente los residuos generados, desde los RSU hasta los residuos peligrosos.

Los problemas ambientales vinculados al inadecuado manejo de los RSU son múltiples, la formación de lixiviados ocasiona la contaminación de los suelos y mantos acuíferos, por otra parte, los océanos se han convertido en el principal destino de los residuos plásticos originando graves afectaciones a los ecosistemas marinos.

En países en vías de desarrollo, más de la mitad de los desechos producidos terminan en rellenos sanitarios y tiraderos clandestinos, que, al no contar con ciertas especificaciones, emiten gases a la atmósfera, en mayor grado CO₂ y CH₄, los cuales están vinculados al cambio climático.

El deterioro ambiental impacta también a la salud humana, los lugares donde se disponen los desechos propician condiciones óptimas para la proliferación de fauna nociva, como cucarachas, ratas, moscas y otros organismos que facilitan la transmisión de enfermedades, en la actualidad la comunidad científica ha mostrado una serie de estudios que indican la relación que existe entre la zoonosis¹ y el medio ambiente.

Los malos olores, la fauna nociva, y la pérdida del paisaje natural provenientes de los tiraderos y rellenos sanitarios, ocasiona que los terrenos aledaños se desvaloricen produciendo lugares con alta marginación social.

La gestión de los residuos sólidos es un tema que se debe atender con un alto grado de urgencia, en el contexto internacional, la Agenda 2030 menciona 17 Objetivos para el Desarrollo Sustentable, los indicadores formulados permiten evaluar la generación de residuos, partiendo de tres acciones básicas, reducir, reutilizar y reciclar.

En México el PND 2019-2024 integra dentro de los ejes rectores una agenda de transición ambiental que promueve acciones enfocadas a la sustentabilidad y que permite enfrentar los retos de la situación actual.

¹ Las enfermedades zoonóticas son un grupo de enfermedades infecciosas que se transmiten de forma natural de los animales a los seres humanos (ONU,2020).

El plantel SLT de la UACM, en conformidad con el presente panorama local, nacional e internacional, creó en 2019 un proyecto integrador llamado Tezonco Sustentable, cuyos ejes centrales son, energía, agua, consumo responsable, áreas verdes, comunicación y manejo de residuos, estos con el objetivo de reducir el impacto ambiental.

La propuesta de un programa para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU), busca formar parte del proyecto Tezonco Sustentable, a partir del análisis de la normatividad aplicable, se establece las pautas el diseño y estructuración del programa.

Con el objetivo de identificar, cuantificar y caracterizar los desechos generados, se llevó a cabo un muestreo, con los resultados obtenidos se calculó la cantidad total de residuos, generación per cápita y la composición de los desechos, una vez analizados, se formuló las etapas del programa.

El MIRSU se compone de tres etapas, generación, separación, aprovechamiento y valorización, en cada una de ellas se proponen acciones que favorezcan el adecuado manejo de los residuos.

La primera etapa tiene como objetivo la reducción en la generación de RSU, por lo que, se busca la vinculación del plantel con instituciones públicas, organizaciones no gubernamentales y asociaciones de la sociedad civil que cuenten con experiencia en educación ambiental, además de implementar estrategias de capacitación y campañas que permitan el correcto funcionamiento del programa.

En la segunda etapa, se diseñaron islas para la separación de los RSU, con el objetivo de reciclar, se propone la modificación de la infraestructura actual de los depósitos, de tal manera que la separación de los desechos sea eficiente, en este punto se realizó una encuesta para la selección y diseño de pictogramas, además se consideró como modelo a seguir las islas implementadas por la UNAM.

En cuanto al aprovechamiento y valorización de los desechos, se proponen la comercialización de los residuos reciclables y la evaluación de los residuos sólidos para su aprovechamiento energético, en particular en el desarrollo de energías alternas bajas en carbono.

Por otra parte, un elemento clave es la creación de un organismo que evalúe y coordine acciones para el seguimiento y mantenimiento del programa, además de gestionar mediante mecanismos de transparencia los recursos económicos provenientes de la comercialización de residuos reciclables.

El presente trabajo es una propuesta que busca hacer frente a los problemas actuales que aquejan a la sociedad, su implementación necesita de un trabajo colectivo, que involucre una responsabilidad compartida, los beneficios del programa serán notorios, no solo para las generaciones presentes sino también para las futuras.

Planteamiento del problema

Actualmente la humanidad enfrenta una crisis, estudios científicos han demostrado la seriedad del impacto humano hacia al planeta, en los últimos 50 años se han modificado los patrones de temperatura promedio y distribución de las lluvias a nivel nacional (SEMARNAT, 2018).

El cambio climático es en gran medida, consecuencia del incremento en los Gases de Efecto Invernadero (GEI), resultado del degrado del patrimonio natural, cuyos efectos ambientales alcanzan otras dimensiones, tales como la seguridad alimentaria, la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, el desarrollo de actividades productivas y emergencias sanitarias.

La deforestación, la degradación de bosques y selvas, la extracción incesante de minerales e hidrocarburos, nos permite reflexionar sobre la gestión de los recursos naturales, las actividades humanas que se han desarrollado en el actual modelo económico en el que vivimos convierte al mundo en un lugar insostenible.

Las ciudades y los países se están desarrollando en un modelo que consiste en comprar y desechar, lo cual ha ocasionado una generación drástica de residuos, el Banco Mundial estimó que en 2016 se generaron 2.01 mil millones de toneladas de RSU, de los cuales 242 millones de toneladas fueron residuos plásticos, muchos de ellos se encuentran actualmente en nuestros océanos.

Aunado a lo anterior, se calcula que el 5% del total de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) El en el mundo proviene de la inadecuada gestión de los residuos sólidos, sin mejoras en el manejo de los desechos, se prevé que las emisiones aumenten a 2600 millones de toneladas de CO₂ equivalente para el 2050, lo cual convierte a la gestión de residuos en un factor crítico (World Bank Group, 2018).

En 2015, como parte de la Agenda 2030, los estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron 17 objetivos para el desarrollo sostenible, los cuales buscan hacer frente a la

creciente pobreza, contribuir al empoderamiento de las mujeres y las niñas y la construcción de estrategias para afrontar la emergencia climática, particularmente el objetivo 12, se centra en la producción y el consumo sostenible, cuya meta a 2030 es la reducción significativa de la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción y reutilización.

Para avanzar en los compromisos internacionales de mitigación de emisiones y disminuir la pérdida de los ecosistemas y su biodiversidad, México trabaja en la formulación de políticas y mecanismos que promueven la sostenibilidad, en la Ciudad de México se trabaja en un programa de acción climática, donde uno de los ejes estratégicos es la gestión integral de los residuos.

La Ciudad de México genera 13,073 toneladas de residuos al día, el 98% de estos son enviados a cuatro rellenos sanitarios ubicados en el Estado de México, el resto se envía a Morelos. La producción excesiva de residuos sólidos, el establecimiento de horarios de prestación de servicio de limpieza no adecuados a las actividades de la población y la falta de cultura ambiental, son algunos de los factores que ocasionan la formación de tiraderos clandestinos.

En 2018, se identificaron 1252 tiraderos clandestinos de RSU, de los cuales 331 se encuentran ubicados en la alcaldía de Iztapalapa, aunque la erradicación y atención de los tiraderos son facultades de la alcaldía, es necesario enfatizar que la educación ambiental de los ciudadanos es prioritaria para evitar este tipo de acciones.

Al presente, el plantel San Lorenzo Tezonco (SLT) de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) no cuenta con un programa o plan de manejo integral de los residuos sólidos urbanos, esto significa que no posee un sistema eficiente que permitan la segregación los residuos generados, por lo que imposibilita la valorización de los desechos, al no contar un sitio de disposición temporal se acrecienta los problemas de fauna nociva, los cuales son vectores de enfermedades.

La inadecuada gestión de los residuos posee diversas afectaciones, en cuestión ambiental los impactos se observan en la calidad del agua, la degradación del suelo y la contaminación del aire, estos elementos son vitales no solo para el ser humano, sino también para otros seres vivos que habitan el planeta.

Objetivos

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos.

Objetivo general

Elaborar una propuesta de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) generados en el plantel San Lorenzo Tezonco de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM), mediante la identificación, minimización, separación, almacenamiento, aprovechamiento y valorización, en cumplimiento con la normatividad ambiental aplicable.

Objetivos específicos

- ✓ Identificar el manejo actual de los RSU en el plantel San Lorenzo Tezonco.
- ✓ Zonificar de manera estratégica el plantel para la elaboración de un muestreo.
- ✓ Determinar la generación per cápita de los RSU.
- ✓ Determinar el porcentaje en peso de cada tipo de residuo.
- ✓ Diseñar el tipo de contenedores que permitan una fácil separación de los residuos.
- ✓ Establecer campañas para la reducción de los residuos de difícil aprovechamiento.
- ✓ Desarrollar estrategias para un uso sustentable de los recursos que dispone el plantel.
- ✓ Elaborar un plan de mantenimiento y seguimiento del programa de separación.
- ✓ Establecer los sitios donde se llevará a cabo el almacenamiento temporal dependiendo del tipo de residuos.
- ✓ Detectar las oportunidades de aprovechamiento energético para los residuos generados en el plantel.
- ✓ Diseñar una propuesta de manejo integral de los RSU del plantel San Lorenzo Tezonco de la UACM.

Capítulo I. Antecedentes

1.1. Residuos Sólidos

Lo de hoy es *usar y desechar*, la producción de bienes y servicios generan inevitablemente algún tipo de residuos, estos pueden ser sólidos (orgánicos e inorgánicos), líquidos (incluyendo a aquellos que se vierten disueltos como parte de las aguas residuales) o gases.

Con base en la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR), se define como residuo a aquel material o producto cuyo propietario desecha, ya sea que se encuentre en estado sólido o semisólido, líquido o gas contenidos en depósitos, este puede ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2021).

Los residuos sólidos son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido y semisólido de los que su generador dispone como resultado de actividades, por ejemplo: doméstico, comercial, industrial, sector agropecuario o de servicios (Ministerio del Ambiente, 2016).

Para facilitar el estudio de los residuos sólidos, se han clasificado de acuerdo a su origen, como se puede observar en la *figura 1*.

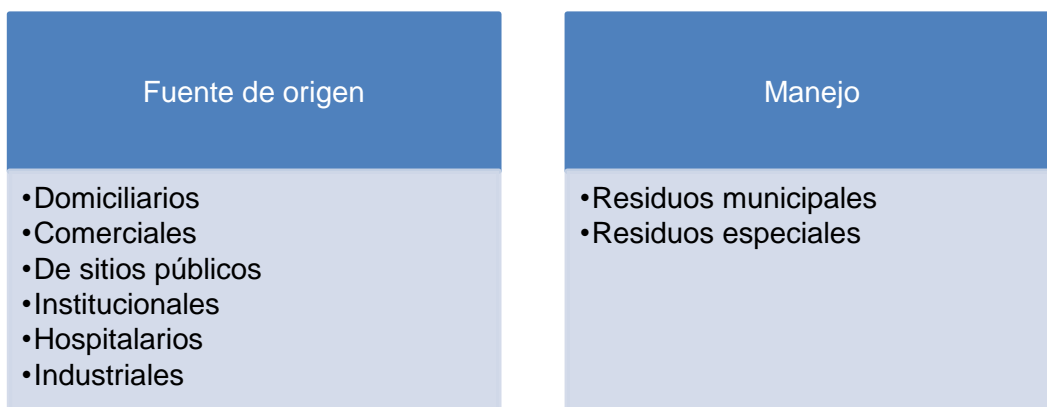


Figura 1. Clasificación de acuerdo a su fuente de origen y su manejo. Fuente: SEDESOL, s/f.

De acuerdo con la LGPGIR, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), agrupará y clasificará los Residuos de Manejo Especial, los Residuos Peligrosos y los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en categorías, con la finalidad de realizar los inventarios correspondientes y la subclasificación de los residuos deberá atender las siguientes necesidades:

- Proporcionar a los generadores, a los que manejan o disponen finalmente los residuos, las indicaciones acerca de las características que permitan anticipar su comportamiento al ambiente.
- Dar a conocer la relación que existe entre sus características y la posibilidad de ocasionar efectos perjudiciales a la salud, al ambiente o a los bienes.
- Identificar las fuentes generadoras, los diferentes tipos de residuos, los distintos materiales que constituyen los residuos y los rasgos que se vinculen con los mercados de materiales reciclables, para orientar a los responsables del manejo integral de los residuos.
- Identificar las fuentes generadoras de los desechos cuya disposición final pueda causar salinización e incrementos excesivos de carga orgánica en suelos y cuerpos de agua.

Lo anterior se sustenta en el capítulo tercero de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, *clasificación de los residuos, fines, criterios y bases generales*, a continuación, en la *figura 2*, se presenta una breve descripción de los tipos de residuos.



Los Residuos Sólidos Urbanos: Son aquellos que se generan en casa habitación, los cuales resultan de la eliminación de materiales que se emplean en las actividades domésticas, de los productos que se consumen, envases, empaques, etc. así también los residuos generados de establecimientos, los cuales posean características domiciliarias, además se consideran los desechos resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.



Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características como para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidas por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.



Residuos peligrosos: Son aquellos que poseen alguna de las siguientes características: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, tales como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.

Figura 2. Tipos de residuos, Fuente: Ley General de Prevención de Gestión Integral de Residuos.

Los RSU se podrán subclasificar en orgánicos e inorgánicos con el propósito de facilitar su separación primaria y secundaria.

1.2. Los residuos sólidos en el mundo, en México y en la Ciudad de México

La gestión de los residuos sólidos es un problema que afecta a todas las personas en el mundo, la inadecuada disposición de los residuos ocasiona graves daños al ambiente.

En años recientes la producción de desechos ha aumentado de manera coherente con las proyecciones iniciales, para el 2016 se estimó que la generación de residuos fue de

2.01 mil millones de toneladas y se espera que para el 2050 la generación de residuos sea de 3.40 mil millones de toneladas (World Bank Group, 2018).

Países de Asia Oriental y el Pacífico, así como de Europa y Asia central son las regiones que representan el 43% de los desechos generados del mundo, por otra parte, las regiones del Medio Oriente, África del Norte y África Subsahariana producen la menor cantidad de desechos, estos en conjunto representan el 15% de los residuos producidos del mundo (World Bank Group, 2018).

A continuación, en la *figura 3*, se observa el porcentaje de generación de residuos del continente americano y otras regiones.

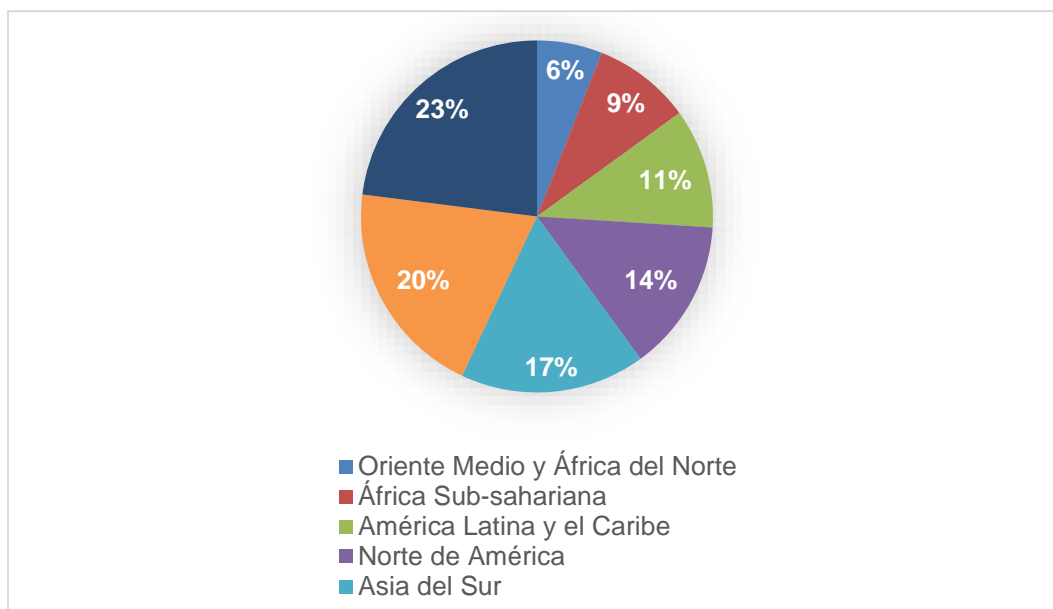


Figura 3. Gráfico que muestra el porcentaje de generación de residuos por región. Fuente: World Bank, 2018.

A medida que los países evolucionan de ingresos bajos a ingresos medios y altos niveles, la producción de residuos también cambia, la prosperidad y el traslado hacia áreas urbanas son factores que se relacionan al aumento de generación de desechos per cápita (World Bank Group, 2018), en la *figura 4* se muestra la relación entre el nivel de ingresos con la generación de residuos.

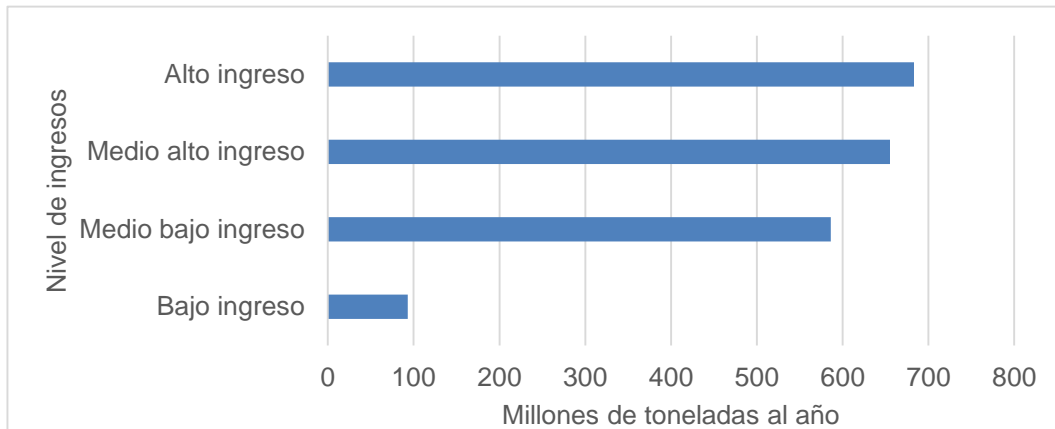


Figura 4. Gráfico que muestra la cantidad de residuos generados por nivel de ingresos, Fuente: World Bank, 2016.

A pesar de representar solo el 16% de la población mundial, los países de altos ingresos generan el 34% de los desechos del mundo, mientras que los países de bajos ingresos producen el 5% de los residuos globales; Bermudas, Canadá y Estados Unidos, son naciones de altos ingresos, estos producen la mayor cantidad promedio de desechos per cápita con 2.21 kg por día; en contraste las regiones de bajos ingresos generan la menor cantidad de residuos per cápita: África subsahariana con 0.46 kg por día, Asia meridional 0.52 kg por día, en general el promedio global per cápita por día para el 2016 es de 0.74 kg de desechos (World Bank Group, 2018).

Por otra parte, la región de América Latina y el Caribe, la cual se compone de 42 países y cuya población es de 638 millones de personas, generó 231 millones de toneladas de residuos en 2016, esto representa un promedio de 0.99 kg per cápita por día (World Bank Group, 2018).

Cerca de la mitad de los desechos en dicha región son residuos orgánicos y alrededor de un tercio son desechos reciclables, en la *figura 5* se observa el porcentaje de la composición de residuos.

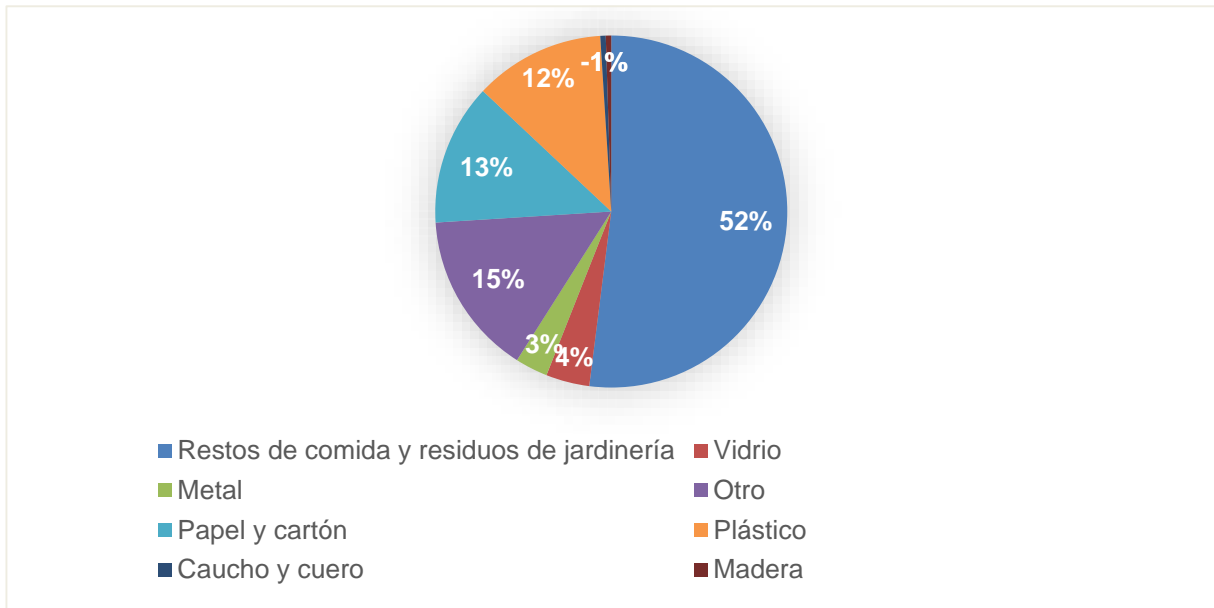


Figura 5. Gráfica que muestra el porcentaje de composición de residuos en América Latina y el Caribe. Fuente: World Bank, 2018.

Es importante mencionar que la mayoría de los países cuentan con un organismo regulador para las actividades relacionadas con la gestión de los residuos, aunque los impuestos ambientales por tirar basura en lugares no adecuados son comunes, lamentablemente no siempre estos fondos se utilizan para mejorar los programas de manejo integral de residuos (World Bank Group, 2018).

En cuanto a la disposición final, en América Latina y el Caribe, más de la mitad de los desechos se depositan en rellenos sanitarios, a pesar de ello el reciclaje y el compostaje están surgiendo y su ejecución varía de acuerdo a cada país (observar la *figura 6*); Ciudades como Montevideo, Uruguay y Bogotá y Medellín en Colombia reciclan más del 15 % de sus residuos, asimismo la Ciudad de México, México y la Ciudad Rosario en Argentina realizan composta con más del 10% de sus residuos.

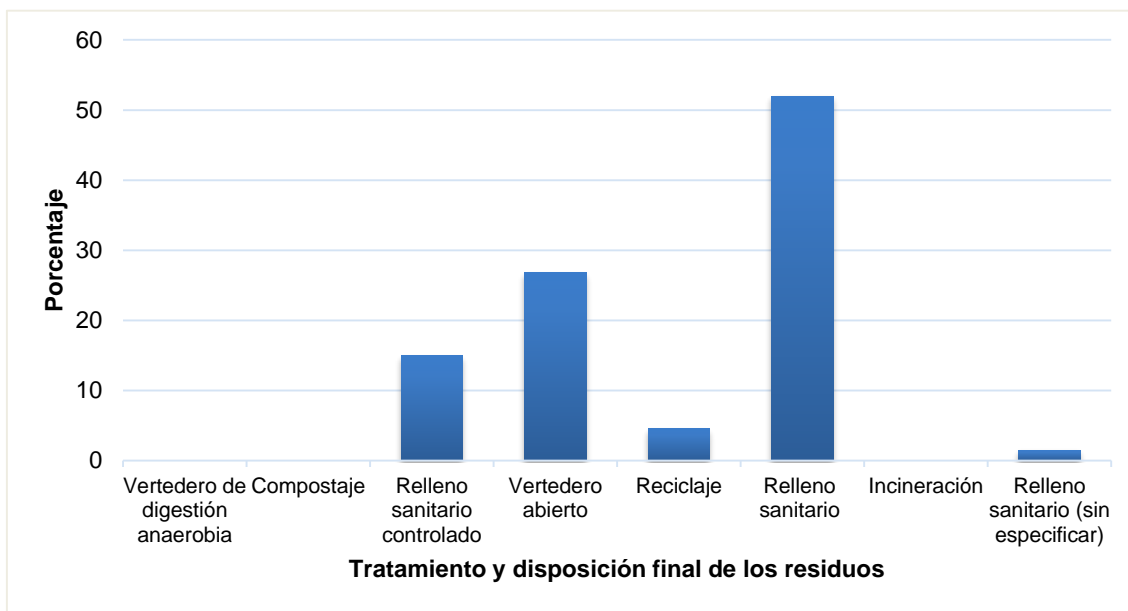


Figura 6. Gráfica que presenta los tratamientos y disposición final de los residuos en América Latina y el Caribe, Fuente: World Bank, 2018.

En la *figura 7* se muestran los puntos más destacados del informe *What a Waste 2.0, a global Snapshot of Solid Waste Management to 2050* del Banco Mundial con relación a América Latina y el Caribe.

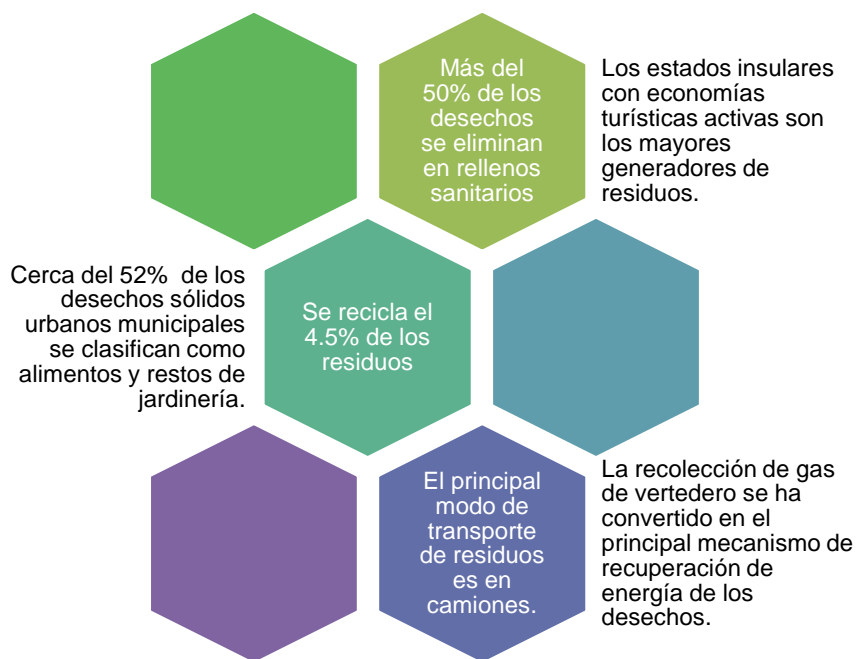


Figura 7. Datos del informe *What a Waste 2.0* sobre América Latina y el Caribe. Fuente: World Bank. 2018

De acuerdo con la tasa de generación de residuos de la región de América Latina y el Caribe, México se encuentra dentro de los primeros 20 lugares en el ranking de países con mayor generación per cápita de residuos al día.

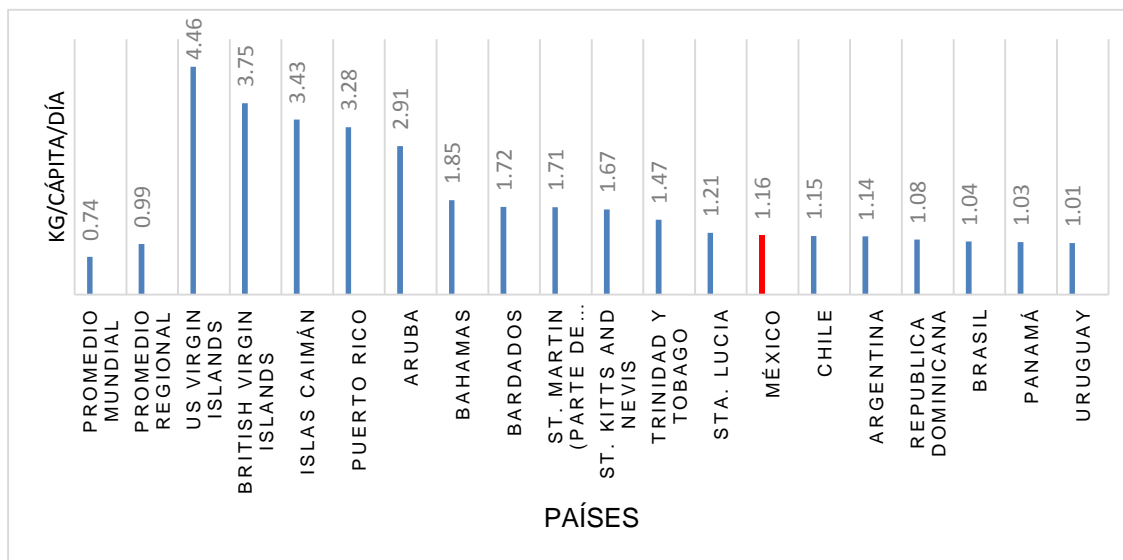


Figura 8. Gráfica que muestra la tasa de generación per cápita en la región de América Latina y del Caribe, Fuente: World Bank, 2018.

Como se puede observar en la *figura 8*, México tiene una generación per cápita de 1.16 kg al día, en todo el territorio nacional se genera anualmente 42.7 millones de RSU, de estos sólo el 10% se recicla, el resto se dispone en tiraderos o en los rellenos sanitarios (SEMARNAT, 2018).

Con relación al informe de la Secretaría de Obras y Servicios, en 2018 la Ciudad de México generó 13,073 toneladas de residuos al día, donde el 41% del total son generados por las siguientes alcaldías: Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc, territorios que concentran el 40 % de la población total de la Ciudad, además de la concentración poblacional, otro factor de gran importancia que incide en la producción de desechos es el desarrollo económico de cada alcaldía y con ello una gran cantidad de servicios, actividades culturales y funciones públicas (SEDEMA, 2018).

Como se puede observar en la *figura 9*, la alcaldía Cuauhtémoc, a pesar de tener corta extensión territorial, es la que genera mayor cantidad de residuos per cápita con 2.49 kg

al día, esto se debe a la gran cantidad de actividades económicas y culturales que se realizan en dicha demarcación.

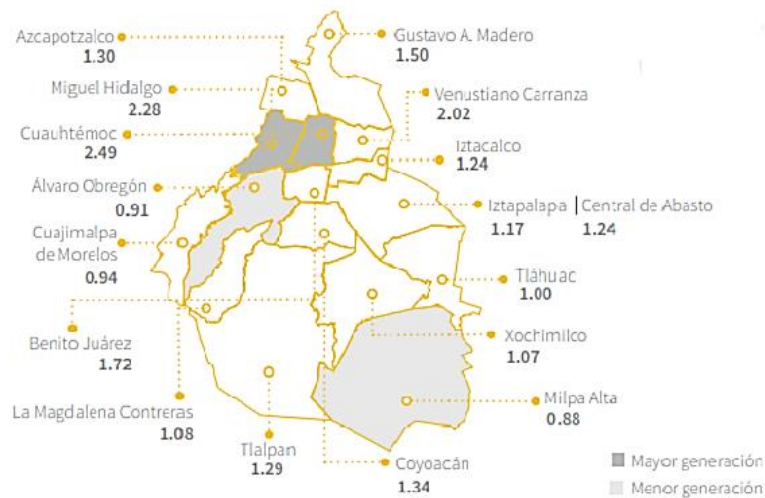


Figura 9. Generación per cápita (kg/día). Fuente: Secretaría de Obras y Servicios, 2018.

En promedio la Ciudad de México (CDMX) genera 1.38 kg de residuos al día por habitante de acuerdo con el último Inventario de Residuos Sólidos (IRS), en 2018 se identificó a los hogares y unidades habitacionales como la principal fuente generadora de residuos sólidos, como se muestra en la *tabla 1*, seguida de establecimientos mercantiles y en menor cantidad los otros servicios (SEDEMA, 2018).

Tabla 1.

Generación de toneladas al día por tipo de fuente

Fuente	Toneladas/día
Casas, unidades habitacionales	6274
Establecimientos mercantiles	3348
Restaurantes, hoteles, oficinas, etc.	1794
Residuos de manejo especial, parques, jardines, etc.	674
Central de abasto	585
Terminales de transporte, unidades médicas (no peligrosos), etc.	398

Nota. Recuperado de: Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México 2018

En julio de 2017, entró en vigor la norma ambiental NADF-024-AMBT-2013, la cual señala la clasificación que permite realizar la separación de los residuos sólidos generados en la CDMX; En la *figura 10* se muestra la eficiencia de recolección en orgánicos, la cual entre 2017 y 2018 disminuyó un 5%, presentado un declive en 13 de las 16 alcaldías, donde Milpa Alta, Iztacalco y Tlalpan son aquellas que tienen mejor eficiencia (SEDEMA, 2018).

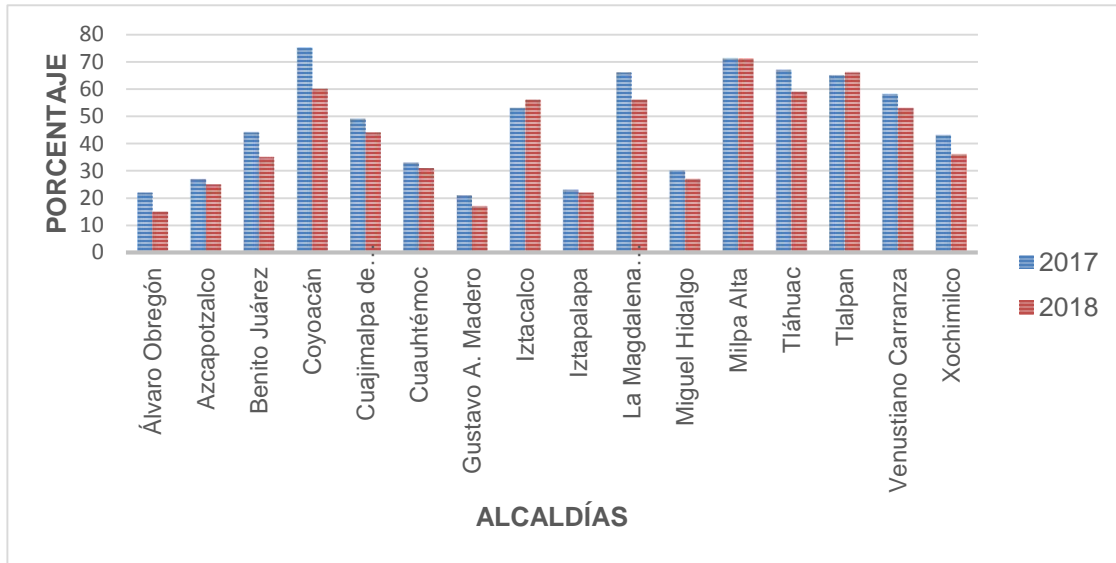


Figura 10. Variación en la eficiencia de recolección de residuos orgánicos en 2018 con relación a 2017.
Fuente: Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México, SEDEMA 2018.

En promedio la eficiencia en la recolección de orgánicos para la CDMX en 2018 es del 42%, dicho dato no contempla la eficiencia de recolección en la Central de Abasto. El destino de los residuos ingresados a la estación de transferencia son las instalaciones de tratamiento, aprovechamiento o a disposición final, como se puede observar en la *figura 11*.

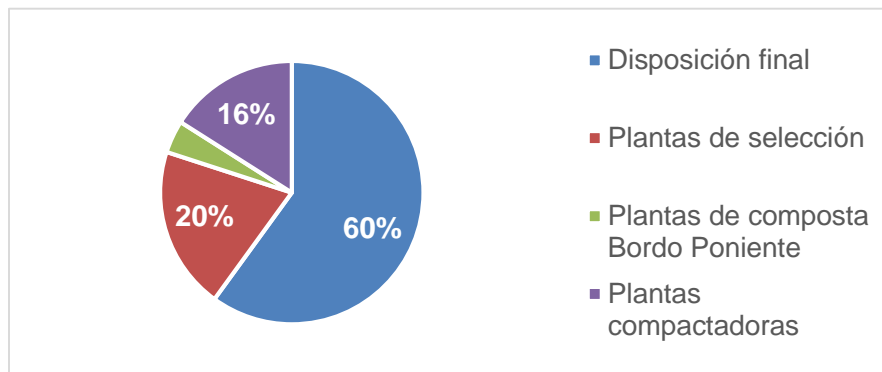


Figura 11. Destino de los residuos ingresado a la estación de transferencia, Secretaría de Obras y Servicios, 2018.

En las plantas de selección se efectúa la recuperación manual de todos los materiales que son susceptibles a ser valorizado o aprovechados, como lo son el PET, cartón, papel, vidrio, metales, etc. La CDMX cuenta con dos plantas de selección: Santa Catarina y San Juan de Aragón, donde 1,663 toneladas al día de residuos provienen de las estaciones de transferencias, 773 t/día son por parte de la recolección del Estado de México y 1,405 t/día provienen de la recolección de alcaldías, en total ingresaron 3,801 t/día de residuos a las dos plantas de selección, de los cuales 184 toneladas al día de residuos se recuperaron (SEDEMA, 2018).

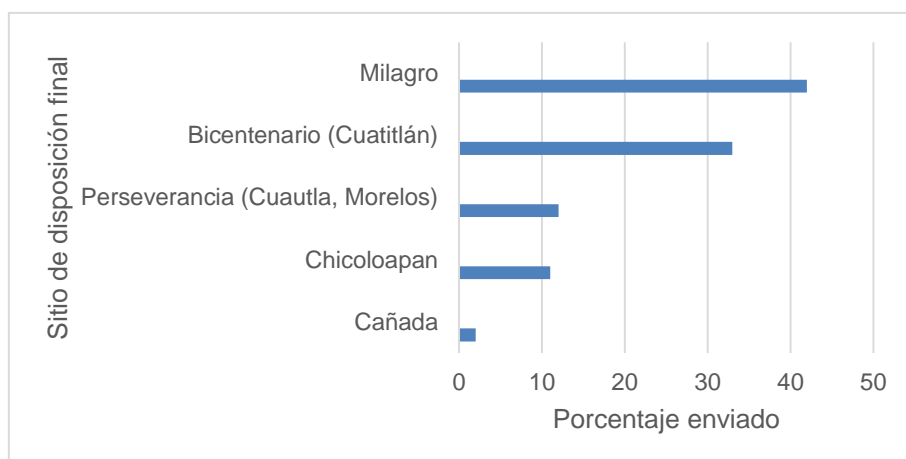


Figura 12. Sitios de disposición final, Fuente: Secretaría de Obras y Servicios, 2018.

La disposición final de los residuos sólidos generados en la CDMX, se llevan a cabo en cinco rellenos sanitarios, el 98 % del total se envía al Estado de México y el resto se envía a Morelos, como se muestra en la *figura 12*.

1.3. La situación de los residuos sólidos en la Alcaldía Iztapalapa

Iztapalapa es una de las 16 alcaldías de la Ciudad de México, cuenta con una extensión territorial de 117.5 km², limita al norte con Iztacalco, al poniente con la alcaldía de Benito Juárez y Coyoacán, al sur con Tláhuac y Xochimilco, al oriente colinda con La Paz Y valle de Chalco Solidaridad y al noreste con Nezahualcóyotl, y cuya población es de 1,827,868 de habitantes (INEGI, 2017).

En cuanto a la situación actual de los residuos sólidos, la generación per cápita de Iztapalapa es de 1.17 kg de residuos al día y su eficiencia en la recolección de residuos orgánicos disminuyó un 1% con respecto al año 2017.

Por otra parte, el medio por el cual se transportan los residuos de las fuentes generadoras a la estación de transferencia son los vehículos recolectores, los cuales se encuentran bajo resguardo de cada alcaldía, Iztapalapa posee 110 vehículos de doble compartimiento, es la demarcación con la mayor cantidad de transporte de este tipo, estos facilitan la recolección de residuos orgánicos e inorgánicos, sin necesidad de alternar días (SEDEMA, 2018).

Problemas como la generación excesiva de residuos sólidos, el tirar los desechos en vías públicas y el establecimiento de horarios de prestación de servicio de limpieza inadecuados a las actividades de la población, son tan solo algunos de los puntos que ocasionan los tiraderos clandestinos.

En 2018, se identificaron 1252 tiraderos clandestinos de RSU, donde la alcaldía de Iztapalapa tiene la mayor cantidad de tiraderos con 331, aunque la erradicación y atención de los tiraderos son facultades de la alcaldía de acuerdo con la Ley Residuos Sólidos del Distrito Federal, es necesario enfatizar que la educación ambiental de los ciudadanos es prioritaria para evitar la formación de tiraderos.

Una de las mayores fuentes generadoras de residuos sólidos en la CDMX es la Central de Abasto, la cual está ubicada en la alcaldía de Iztapalapa, posee 327 hectáreas de superficie, donde se encuentran comercios, vialidades y oficinas administrativas, en concordancia con las autoridades del Fideicomiso para la Operación y Construcción de la Central de Abasto (FICEDA), diariamente se reciben en promedio 500 mil personas, las cuales adquieren diversos productos.

La Secretaría de Obras y Servicios ha identificado a la Central de Abasto como la sexta mayor fuente generadora en la CDMX, la composición de los residuos es diversa, pues

se disponen residuos de frutas y vegetales, cartón, envolturas de plástico y hasta neumáticos.

Con relación a los datos reportados por el FICEDA, en 2018 se estimó una generación diaria de 561 toneladas de residuos, dato que varía dependiendo de la temporada del año, para realizar el cálculo se contabilizó el número de vehículos, su capacidad y cantidad de viajes que realiza a la estación de transferencia, como se puede observar en la *figura 13*.

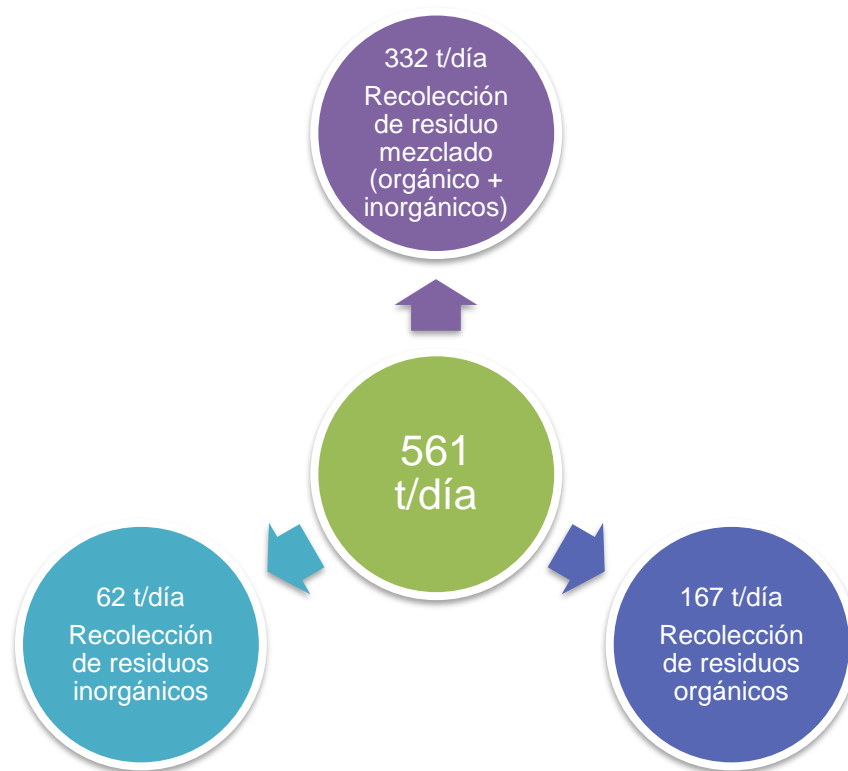


Figura 13. Total de residuos recolectados en la Central de Abasto. Fuente: FICEDA, 2018.

En cuanto al servicio de recolección, se ha establecido puntos fijos en donde los comerciantes depositan sus residuos, ya sea en áreas abiertas o en los pasillos de los andenes en contenedores, a pesar de tener áreas para cada fracción, los residuos se tiran sin previa separación, el mezclar los desechos se impide la valorización y aprovechamiento.

1.4. Características de los Residuos Sólidos Urbanos

Con el propósito de mejorar los sistemas de tratamiento, recuperación y separación de los residuos es necesario conocer sus propiedades, la enciclopedia ambiental *Ambientum 2019*, menciona las principales características de los residuos sólidos:

- **Humedad.** Dicha característica física fluctúa alrededor del 40% en peso en los residuos sólidos, donde las fracciones orgánicas brindan la máxima aportación en comparación con los productos sintéticos; el conocer la humedad de los residuos es fundamental para llevar a cabo procesos de compresión, producción de lixiviados, transporte, separación de residuos, tratamientos de incineración y otros procesos de recuperación energética.
- **Densidad.** Es una característica importante a la hora de dimensionar el tamaño de los contenedores de almacenamiento temporal y otros equipos de recogida y transporte, tolvas de recepción, cintas, capacidad de vertederos, etc. Por otra parte, dicha propiedad está relacionada con el volumen, el cual cambia de acuerdo al grado de compactación a la que estén sometidos los residuos.
- **Granulometría.** El tamaño físico de los componentes de los residuos sólidos es una característica indispensable para el dimensionamiento de los procesos mecánicos de separación, específicamente para definir cribas, tromeles y otros equipos similares que basan su funcionamiento a partir del tamaño de los residuos, estos valores son importantes, ya que las operaciones de recolección pueden verse afectadas, es por ello que es pertinente efectuar los análisis necesarios para adecuar los procesos.
- **Poder calorífico.** Está propiedad en los residuos sólidos determina las pautas para el diseño de instalaciones de incineración y recuperación energética, así mismo es sustancial conocer el porcentaje de cenizas que se producen.

Para evaluar el riesgo en el manejo, tratamiento, reprocesado y reutilización, es conveniente identificar otras propiedades químicas, como la relación carbono-nitrógeno, así como la presencia de otros elementos tales como el arsénico, cadmio, mercurios,

antimonio, los cuales presentan características como inflamabilidad, corrosividad, reactividad y toxicidad (Ambientum formación, 2019).

1.5. Producción de Residuos Sólidos Urbanos

La producción y consumo de bienes y servicios producen ineludiblemente algún tipo de residuos, como es el caso de los RSU.

De acuerdo con los Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental (Datos abiertos), publicados por la SEMARNAT, la evolución en la producción de los RSU ha incrementado de manera significativa como se puede observar en la *figura 14*, donde en 1996 la generación de residuos aumentó hasta un 45.5% con respecto a 1992, posteriormente en 1997 se observa una disminución, pero en el periodo de 1998 a 2012 se observa un crecimiento continuo.

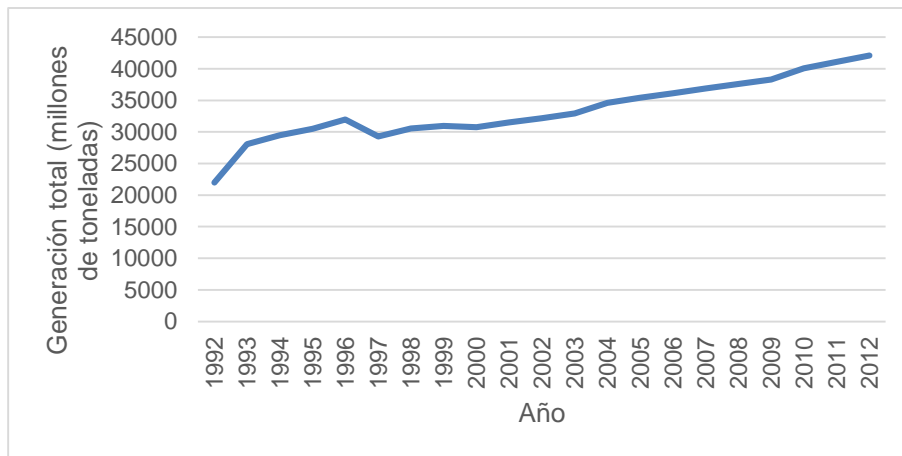


Figura 14. Generación de RSU en México. Fuente: SEMARNAT, 2017.

La distribución de la población en el territorio nacional es distinta, por lo que la generación de los residuos varía conforme al lugar o región; los mayores volúmenes se producen en las zonas con mayor cantidad de población, en 2012, SEDESOL mostró los datos de generación de residuos conforme a cada región del país, donde la región centro concentró el 51% de la producción de RSU, la región frontera norte con 16.4% y la CDMX con el 11.8% tal y como se puede observar en la *figura 15*.

En la *tabla 2*, se muestran las cinco principales entidades federativas que concentran el 45.7% de la generación de RSU en todo el territorio nacional.

Tabla 2.
Entidades con mayor generación de RSU

Entidad federativa	Cantidad de RSU (millones de toneladas)	Porcentaje
Estado de México	6.7	16.1
Ciudad de México	4.9	11.8
Jalisco	3.1	7.2
Veracruz	2.3	5.5
Nuevo León	2.2	5.1

Nota. Recuperado de: Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. 2013

Por otra parte, las entidades que reportaron menores volúmenes de RSU fueron: Nayarit con el 0.82%, Tlaxcala con el 0.81%, Campeche con un porcentaje de generación del 0.65%, Baja California con 0.62% y Colima con el 0.5% (SEMARNAT, 2013).

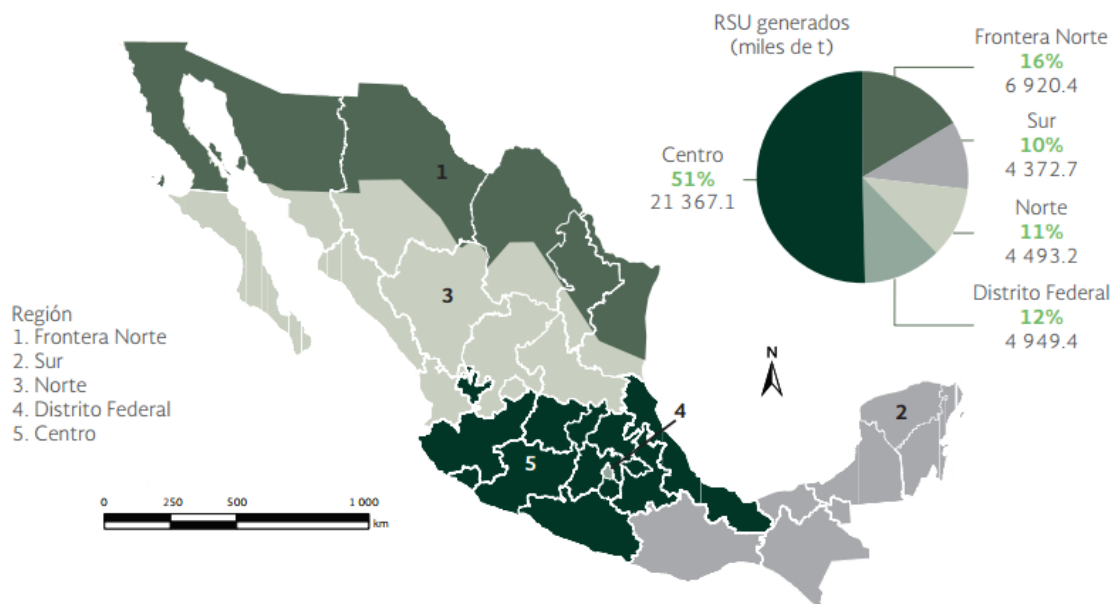


Figura 15. Producción de RSU por región, 2012. Fuente: Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas, SEDESOL. México 2013.

Otra forma de observar el crecimiento de producción de RSU, es mediante el tipo de localidad, de 1997 a 2012, SEMARNAT registró en términos porcentuales, el aumento de

generación de residuos, en la *tabla 3* se observa que las ciudades pequeñas incrementaron sus volúmenes de generación hasta en un 84%, seguido de las zonas metropolitanas.

Tabla 3.
Generación de RSU por tipo de localidad 1997-2012

Tipo de localidad	1997 Cantidad de residuos (millones de toneladas)	2012 Cantidad de residuos (millones de toneladas)	Aumento en porcentaje
Localidades rurales o semiurbanas	4.4	4.7	7
Ciudades pequeñas	1.9	3.5	84
Ciudades medianas	11.8	15.8	34
Zonas metropolitanas	11.2	18	61

Nota. Recuperado de: Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas, SEDESOL, 2013.

1.5.1. Producción Per. Cápita de Residuos Sólidos Urbanos

La producción de residuos sólidos se puede estimar en valores unitarios como kilogramo por habitante por día, kilogramo por vivienda por día, kilogramo por cosecha o kilogramo por número de animales por día (Jaramillo, 2002).

La producción per cápita de los RSU es un indicador que mide el volumen de residuos generados por habitante, dicho indicador está presente en la mayoría de las iniciativas de indicadores para el desarrollo sustentable, dentro del Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA).

La disminución del valor de la generación total y per cápita de residuos se traduce en beneficios ambientales valiosos, pues se refleja en una reducción del uso de los recursos naturales necesarios para la generación de productos, así como una menor cantidad de recursos humanos y económicos para su gestión y su disposición final.

El Informe de la Situación del Medio Ambiente en México expedido por SEMARNAT, muestra el crecimiento de la generación per cápita (kg/habitante/día), obsérvese la *figura*

16, en dicha gráfica se observa una menor generación de residuos por habitante en 1992, en esa misma década, en 1996 se aprecia un incremento, pasando de 0.69 a 0.94 (kg/habitante/día), es decir se presenta un aumento del 36% con respecto a 1992.

En el año 2000 se estimó una generación per cápita de 0.86 (kg/habitante/día) y para 2012 se calculó una generación de 0.99 (kg/habitante/día), lo cual representó un incremento del 15%.

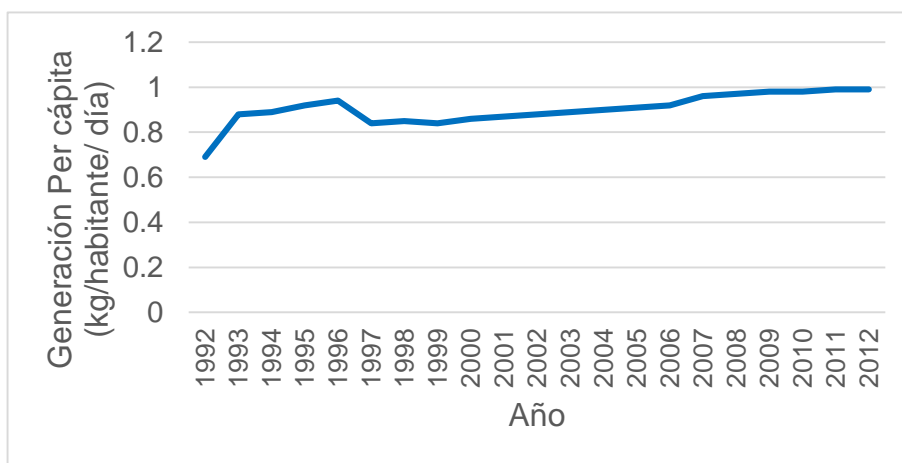


Figura 16. Generación per cápita en México. Fuente: SEMARNAT, 2013.

El Banco Mundial ha reportado datos más recientes donde indica que México tiene tasa de generación per cápita de 1.16 kg al día, esto lo coloca en los primeros 20 lugares en el ranking de países con mayor generación per cápita de residuos al día en América Latina y el Caribe (World Bank Group, 2018).

1.5.2. Producción de Residuos e Ingresos.

La producción de residuos está estrechamente relacionada con el proceso de urbanización y el mayor incremento del poder adquisitivo de la población, en consecuencia, cambian los estándares de vida, se elevan los niveles de consumo de bienes y servicios, ocasionando un mayor volumen de residuos (SEMARNAT, 2013).

En México y en algunos otros países se observa una relación entre el aumento de producción de residuos con el Producto Interno Bruto (PBI) nacional, en otras palabras,

esto indica que a mayores niveles de consumo se produce un incremento en el volumen de residuos.

En el territorio mexicano, entre los años 2003 y 2015, el PIB y la generación de residuos aumentaron a la misma tasa (alrededor de 2.77 % anual), esta tendencia puede verse replicada a nivel de entidad federativa, donde aquellas que contribuyen en gran medida al PIB nacional también producen grandes cantidades de residuos.

A pesar de lo anterior, en algunos casos el aporte a la producción total nacional de RSU de algunas entidades no cumple dicha tendencia, como es el caso del Estado de México, el cual genera más residuos respecto a la tendencia (importante contribución al PIB, pero tiene una alta población), o Campeche que produce menos de lo esperado (intensa actividad petrolera y una gran contribución al PBI, pero una baja población).

Por otra parte, la condición económica de la población es un factor importante en la predominancia de los residuos orgánicos o inorgánicos que se generan, en los países con menores ingresos dominan los residuos orgánicos, mientras que en los países con mayores ingresos los residuos son mayormente inorgánicos, con una significativa cantidad de productos manufacturados, en los años 50, el porcentaje de residuos orgánicos en México oscilaban entre el 65 y 70% del total del volumen, en 2012 el porcentaje disminuyó a 52.4% (SEMARNAT, 2013).

Con relación a los datos obtenidos por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), en México, la composición de los RSU son gran parte residuos orgánicos, seguido del papel y sus derivados con un 13.8% y los plásticos representan el 10.9%, en menor cantidad el vidrio, metales y textiles, como se puede observar en la *figura 17*.

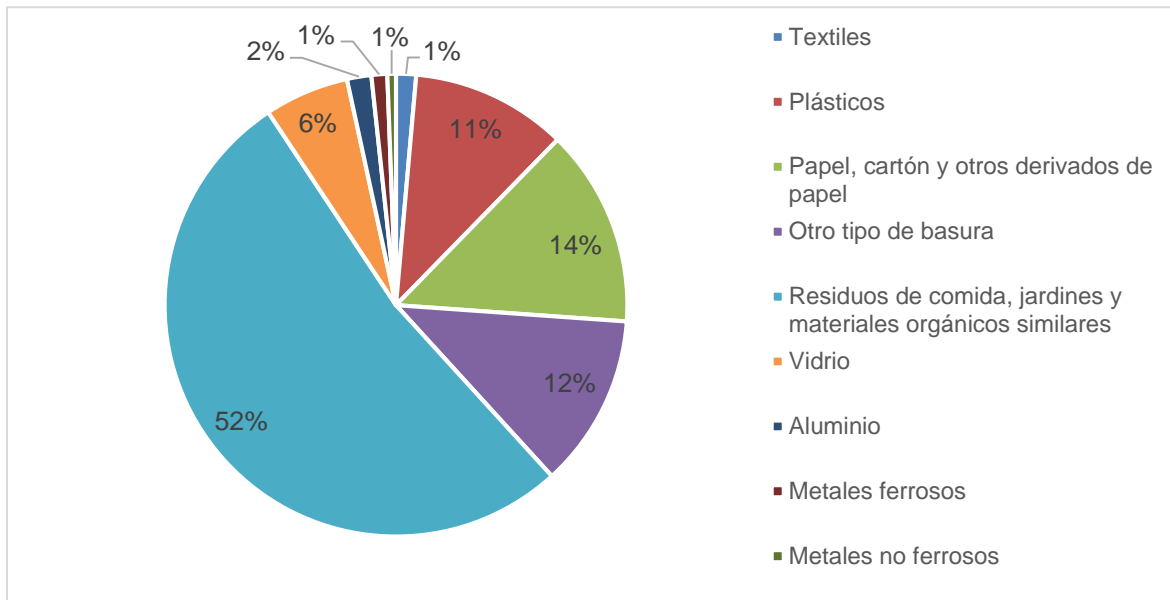


Figura 17. Composición de RSU en México. Fuente: Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas, SEDESOL, 2013.

1.6. Ciclo de vida de los Residuos Sólidos Domiciliarios

Actualmente ha crecido el interés por el cuidado ambiental y los posibles impactos relacionados con la manufacturación de productos y el consumo de los mismos, por ello se han desarrollado métodos que permitan conocer y tratar esos impactos. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es uno de los instrumentos que permite evaluar los aspectos ambientales, desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, uso, tratamiento (reciclado) y disposición final (Urbina Reynaldo & Zúñiga Igarza, 2016).

El ciclo de vida de los residuos sólidos domiciliarios se caracteriza por analizar los tipos de materiales producidos y empleados en la sociedad, así como los impactos ambientales, las etapas de análisis son: generación, almacenamiento, recolección y transportación y disposición final.

A continuación, se describe de manera general las etapas del ciclo de vida de acuerdo al artículo titulado: Metodología para el ordenamiento de los residuos sólidos domiciliarios.

- **Generación:** Acción de producir residuos sólidos mediante procesos productivos y de consumo, los datos sobre la generación son parámetros importantes para planificar y diseñar la infraestructura necesaria para su manejo.
- **Almacenamiento:** En esta etapa se evita que los materiales con potencial de reciclaje terminen en los vertederos, además de proporcionar mejoras reales como, reducción de gases de efecto invernadero (GEI), maximización de los recursos y la disminución de desechos en los rellenos sanitarios.
- **Recolección y transportación:** Estas dos actividades tienen como objetivo preservar la salud pública, en cuanto al servicio de recolección se emplean equipos en función de la capacidad volumétrica, eficiencia y frecuencia, en esta etapa es necesario contemplar otros factores para aumentar la eficiencia como, por ejemplo, el tipo de residuo, distancias a recorrer, la capacidad del equipo y vías de acceso.
- **Tratamiento:** En esta etapa se modifican las propiedades físicas, químicas o biológicas de los residuos sólidos, lo anterior con el propósito de reducir los impactos ambientales y facilitar su gestión, entre los tratamientos más usados están los térmicos, compostaje y el reciclaje.
- **Disposición final:** Esta es la última etapa del ciclo de vida, en la cual los desechos se manipulan mediante métodos que minimicen los efectos degradantes al ambiente y faciliten un adecuado control, esto en función a los distintos marcos legales.

Los análisis en cada una de las etapas permiten evaluar los impactos al ambiente y establecer nuevos indicadores que mejoren la calidad de vida.

1.7. Efectos de la inadecuada Gestión de Residuos Sólidos

El inadecuado manejo de los residuos sólidos es una de las principales preocupaciones en la sociedad debido a los efectos que se producen al ambiente y a la salud humana (Escalona Guerra, 2014).

1.7.1. Riesgos de la Salud

El problema sanitario por la inadecuada disposición de los residuos sólidos se relaciona a los riesgos epidemiológicos debido a la acumulación y vertimiento incontrolado de excrementos, estos producen a su vez un ambiente agradable para la proliferación de fauna nociva, la cual incide en la transmisión de algunas enfermedades (Escalona Guerra, 2014).

En el documento titulado Guía para el diseño, construcción y operación de los rellenos sanitarios, escrito por Jorge Jaramillo en 2002, se menciona que para comprender con mayor claridad los efectos en la salud de las personas, es necesario reconocer los riesgos directos e indirectos que provocan, los cuales se mencionan en los siguientes apartados.

1.7.1.1. *Riesgos Directos*

Los riesgos directos son ocasionados por contacto directo con los desechos, generalmente las personas que se exponen a riesgos directos son aquellas que se dedican a la recolección de los residuos.

El servicio de recolección de residuos es uno de los trabajos más arduos e implica riesgos debido a la falta de separación de los desechos, al mezclar los residuos con materiales peligrosos tales como: vidrios rotos, metales, hojas de afeitar, excrementos de origen humano o animal e incluso residuos infecciosos como jeringas, además de desechos de industria, los cuales ponen en riesgo la salud de los trabajadores.

Las personas dedicadas a la separación de residuos realizan su trabajo sin ningún equipo de protección ni seguridad social, en general por su bajo nivel socioeconómico, carecen de servicios básicos y al no contar con una alimentación adecuada se crean otros problemas de salud.

Dadas las condiciones de trabajo, las personas que separan los desechos están más expuestas a desarrollar problemas gastrointestinales de origen parasitario, bacteriano o viral, así como sufrir de un mayor número de lesiones en manos, pies y espalda, estas

pueden ser cortes, heridas, golpes y hernias, además de otras afectaciones en la piel, dientes, ojos e infecciones respiratorias.

1.7.1.2. Riesgos Indirectos

El riesgo indirecto más representativo está relacionado con la proliferación de fauna nociva, los cuales son portadores de microorganismos de transmiten enfermedades, conocidos como vectores.

Las moscas, mosquitos, ratas y cucarachas encuentran en los residuos sólidos un ambiente idóneo para su reproducción, creando un caldo de cultivo para la transmisión de enfermedades que van desde diarreas hasta cuadros severos de tifoidea u otros padecimientos de mayor gravedad.

En la *tabla 4*, se describe las enfermedades relacionadas con los residuos sólidos urbanos transmitidas por vectores.

Tabla 4.
Enfermedades relacionadas con RSU transmitidas por vectores

Vectores	Formas de transmisión	Principales enfermedades
Moscas	<ul style="list-style-type: none"> Vía mecánica (alas, patas y cuerpo) 	<ul style="list-style-type: none"> Fiebre tifoidea Salmonellosis Cólera Amibiasis Disentería Giardasis
Ratas	<ul style="list-style-type: none"> Mordisco, orina, heces. Pulgas 	<ul style="list-style-type: none"> Peste bubónica Tifus murino Leptospirosis

Mosquitos	<ul style="list-style-type: none"> • Picadura del mosquito hembra 	<ul style="list-style-type: none"> • Malaria • Leishmaniasis • Fiebre amarilla • Dengue • Filariasis
Cucarachas	<ul style="list-style-type: none"> • Vía mecánica (alas, patas y cuerpo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fiebre tifoidea • Cólera • Giardiasis
Cerdos	<ul style="list-style-type: none"> • Ingesta de carne contaminada 	<ul style="list-style-type: none"> • Cisticercosis • Toxoplasmosis • Teniasis
Aves	<ul style="list-style-type: none"> • Heces 	<ul style="list-style-type: none"> • Toxoplasmosis

Nota. Recuperado de: Guía para el diseño, construcción y operación de los rellenos sanitarios, 2002.

- Las moscas: Su medio de reproducción está en los excrementos húmedos de animales y humanos (criaderos, letrinas mal construidas, fecalismo al aire libre, lodos de tratamiento, basura, etc.), se estima que un kilogramo de materia orgánica permite la reproducción de 70,000 moscas; La principal fuente de reproducción de la mosca doméstica es la basura, por lo que es necesario un correcto almacenamiento, recolección y disposición final.
- Las cucarachas: Se alimentan de desperdicios, transmiten más de 70 enfermedades y cerca de 8% de la población humana es alérgica a ellas y desarrollan graves padecimientos respiratorios si se exponen a lugares donde se encuentran estos bichos.
- Las ratas: Consideradas como una de las peores plagas por transmitir enfermedades graves como la leptospirosis, peste y parasitismo, también son causantes de importantes daños en la infraestructura eléctrica y telefónica en las ciudades debido a que pelan y comen cables ocasionando un buen número de incendios.

La presencia de agentes biológicos en los RSU puede representar una crisis sanitaria sino se gestionan de la manera adecuada.

1.7.2. Efectos en el Ambiente

Actualmente, muchos de los productos que utilizamos tienen un tiempo de vida útil muy corto, esto debido al modelo económico en el que vivimos, la producción de bienes, mercancías y servicios es tan elevada y la necesidad de vender rápidamente contribuye al sistema *producir y ganar*, la publicidad y los medios de comunicación ayudan a dicho sistema generando cambios en nuestros hábitos de consumo al hacernos creer que debemos comprar cosas que *NO necesitamos* (SEDEMA, 2019).

Uno de los efectos más notorios sobre la incorrecta disposición de los residuos es su impacto negativo al ambiente, cada vez es más común ver tiraderos clandestinos que van en aumento, ocasionando el deterioro estético de las ciudades y la degradación del paisaje natural en lugares rurales y urbanos (Jaramillo, 2002).

Por lo que, es importante enfatizar sobre el adecuado confinamiento para evitar problemas de salud pública y disminuir los impactos negativos al ambiente.

1.7.2.1. Contaminación del Agua

La contaminación de aguas subterráneas y superficiales a causa de la descarga de residuos en ríos y arroyos, así como por líquidos que se infiltran (lixiviados), producto de la descomposición de los desechos sólidos en tiraderos a cielo abierto, es uno de los impactos negativos más serios ocasionados por el incorrecto manejo de los residuos sólidos.

El vertimiento de residuos sólidos a depósitos naturales de agua incrementa la carga orgánica ocasionando que los nutrientes aumenten y propicien el desarrollo de algas, dando lugar a la eutrofización, causando la muerte de peces, además se generan malos olores y el deterioro del paisaje natural es notable, por tal motivo en algunas regiones las

corrientes de agua han dejado de ser fuentes de abastecimiento para el consumo humano.

Sumado a lo anterior, la presencia de residuos como: bolsas, botellas de plástico, unicel, colchones y escombros pueden afectar el cauce normal de un río o arroyo, en algunos casos la presencia de dichos residuos puede ocasionar problemas de inundaciones, afectando el patrimonio y bienestar de la población.

La presencia de desechos en ríos y mares causa deterioro ambiental con repercusiones sociales y económicas, representando una grave amenaza a la flora y la fauna marina, que a su vez afecta al turismo y otras actividades económicas ligadas a la pesca (Ministerio del ambiente, s/f).

1.7.2.2. *Contaminación del Suelo*

El recurso que más directamente se ve afectado por la inadecuada gestión de los residuos sólidos es el suelo, su contaminación ocurre a través de diferentes elementos como es el caso de los lixiviados.

Los lixiviados son líquidos que al precolarse por las diferentes capas del suelo u otro material permeable, van disolviendo algunos de sus componentes o en su totalidad, este fenómeno se observa en los basureros, donde al agua actúa como agente disolvente (López Juambelz, 1990).

En 2011, Gerardo Bernache en su publicación titulada *Riesgo de contaminación por disposición final de residuos*, un estudio de la región centro occidente de México, calculó que el 71% de los casos, los lixiviados escapan del sitio durante el ciclo anual, en épocas de lluvia se presenta un grave problema, pues el 46% de los lixiviados se escapan del sitio, lo que representa un riesgo de contaminación de suelo y agua.

Asimismo, se desvaloriza los terrenos donde se localizan los tiraderos y las áreas colindantes por el considerable deterioro del paisaje natural.

1.7.2.3. Contaminación del Aire

Los sitios de confinamiento de los RSU son importantes generadores de biogases, los cuales provocan problemas ambientales de diversa índole, que van desde malos olores hasta la contribución en el aumento de la temperatura global y algunos gases como el gas metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), los cuales son gases de efecto invernadero (GEI), ocasionando aumento de temperatura y por consecuencia deshielo en los polos (Ministerio del ambiente, s/f).

Asimismo, se liberan sustancias agotadoras de ozono (SAO), estas sustancias son compuestos que afectan la capa de ozono contribuyendo a su destrucción. Los SAO se utilizan como gases refrigerantes en aires acondicionados y refrigeradores, así mismo se han empleado en espumantes y aerosoles, cuando los envases o electrodomésticos que contienen dichas sustancias son descartados de manera inadecuada, los SAO se liberan a la atmósfera.

La mala calidad del aire se grava aún más cuando se incineran de manera ilegal los residuos, ya que, los humos que se generan pueden transportar microorganismos y partículas nocivas ocasionando enfermedades.

De acuerdo con los datos reportados por el Banco Mundial, derivado de la inadecuada gestión de los residuos sólidos, en 2016 se estimó una producción de 1600 millones de toneladas de CO_2 equivalentes, lo que representa el 5% del total de las emisiones de GEI en el mundo, sin mejoras en el manejo de los desechos, se prevé que las emisiones aumenten a 2600 millones de toneladas de CO_2 equivalente para el 2050, lo cual convierte a la gestión de residuos en un factor crítico (World Bank Group, 2018).

Como es sabido, las emisiones de GEI inciden en un fenómeno llamado cambio climático, de acuerdo con lo reportado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), se estima que en el territorio nacional existen 160 municipios en condiciones

de alta vulnerabilidad al cambio climático, en donde las condiciones sociales de comunidades urbanas y rurales juegan un papel muy importante (SEMARNAT, 2018).

1.7.3. Riesgos para el Desarrollo Social

La separación de los residuos es una actividad menospreciada y poco aceptada socialmente, a pesar de lo anterior, esta acción se ha convertido en un medio de subsistencia para muchas familias.

En México, las investigaciones sobre el trabajo en tiraderos son escasas, desde 1970 hasta la actualidad los conocimientos recabados sobre este tema cubren propósitos con distintos enfoques: antropológicos, sociológicos, demográficos y económicos, los cuales contribuyen a conocer las condiciones de trabajo de una persona dedicada a la separación de los residuos.

Los resultados obtenidos de la investigación realizada por Cervantes y Niño en 2012 sobre la pepena informal en México presentan los siguientes datos:

La presencia del sexo femenino tiende a ser mayoritaria, tanto en infantes como en adultos, el análisis arrojó que 60% de los trabajadores son mujeres, dicho porcentaje podría estar relacionado al desempleo masculino, la insuficiencia del ingreso familiar, la jefatura femenina en las familias, entre otros factores.

Sobre la composición por edad de los pepenadores, existe un alto porcentaje de jóvenes y niños, esto podría indicar que al deteriorarse la economía familiar y con la escasez de trabajo formal, por lo que los jóvenes se ven obligados a integrarse a este tipo de actividades; Por otra parte, el 52% de los pepenadores afirma tener solo la educación primaria, resalta que un 23% posee secundaria y en menor porcentaje educación técnica, preparatoria y licenciatura, lo anterior muestra la falta de empleos poniendo entredicho los beneficios económicos de una educación superior.

En 2008, el 51% de los pepenadores era originario del lugar donde estaba el tiradero y el 49% provenía de otros lugares, en cuanto a las viviendas de los trabajadores, sólo el 3% declaró vivir en el tiradero y el 97% tiene su hogar fuera, más de la mitad de los pepenadores posee una vivienda construida con materiales duraderos (ladrillo, block, adobe), 14% de lámina, 9% de madera y sólo en 2% de cartón.

Generalmente los trabajadores mayores de 30 años desarrollo alguna actividad definida como la construcción, comercio y en menor cantidad en la manufactura, sin embargo, la precariedad salarial convierte a las actividades de pepena como una opción viable.

El grupo de población que se dedica a la recuperación de materia prima en sitios de disposición final requieren mayor atención por parte del Estado para mejorar las condiciones de vida en las que se encuentran, la labor que realizan día a día contribuye a la sostenibilidad del ambiente, al aumentar la cantidad de residuos reciclados, disminuye la utilización de recursos naturales y energía, se reduce la contaminación atmosférica e incluso la cantidad de terreno que es empleado para rellenos sanitarios (Cervantes Niño & Palacios, 2012).

1.7.4. Riesgos para el Desarrollo Urbano

Generalmente los tiraderos a cielo abierto se localizan en áreas donde vive la población con menores ingresos, lo que aumenta el grado de deterioro (contaminación de recursos hídricos, suelo, aire, amenazas a flora y fauna, problemas de salubridad, etc.) y la devaluación de propiedades, lo que ocasiona un problema para el desarrollo urbano en la ciudad (Jaramillo, 2002).

Dentro de los criterios para instalar un relleno sanitario es la ubicación, estos deben estar situados en lugares de poco valor para el sector productivo o la urbanización y que tengan el menor impacto ambiental, por lo que los terrenos aledaños suelen tener costos bajos y pueden ser adquiridos por personas de pocos ingresos.

Capítulo II. Marco Teórico-Conceptual

2.1. Desarrollo sustentable

El ser humano ha utilizado los diversos recursos naturales para satisfacer sus necesidades básicas, con el paso del tiempo la población demográfica ha aumentado al igual que el desarrollo industrial conformando sociedades cada vez más complejas, estas demandan cada vez más recursos, esta explotación intensiva se caracteriza por tener máxima rentabilidad a corto plazo sin tener en cuenta los impactos negativos ambientales (Badii, 2004).

En 1987 en la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo se publicó el documento *Nuestro Futuro Común*, mejor conocido como *Informe Brundtland*, en él se define al desarrollo sustentable² como aquel tipo de “desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades” (CMMAD, 1987, págs. 59-61).

El desarrollo sustentable agrupa a tres elementos: economía, ambiente y sociedad, como se muestra en la *figura 18*, se plantea un crecimiento a largo plazo sin perjudicar el ambiente, consumiendo de manera responsable, se persigue un desarrollo equilibrado empleando de manera eficiente los recursos naturales, renovables y no renovables (SEMARNAT, 2018).



Figura 18. Aristas del desarrollo sustentable. Fuente: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2018.

² Existe una discusión estéril entre lo que es sostenible y lo que es sustentable pero la única diferencia entre una y otra denominación es la traducción que se hizo del término inglés *sustainable development*, algunos hablantes hispanos lo tradujeron como sostenible y otros como sustentable, En México se emplea el término sustentable, mientras que el resto de los países de habla hispana se prefiere usar el término sostenible (Ramírez, Sánchez y García, 2004).

2.1.1. Objetivos de Desarrollo Sustentable

En septiembre de 2015, se reunieron en la Cumbre del Desarrollo Sustentable más de 150 jefes de estado y de gobierno en la que aprobaron la Agenda 2030, la cual contiene 17 objetivos de aplicación universal y que, desde el 1 de enero de 2016, rigen los esfuerzos de los diferentes países para lograr un mundo sustentable en el año 2030; Los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) responden a desafíos globales como lo es la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia, los cuales se muestran en la *figura 19*, los ODS no son jurídicamente obligatorios, a pesar de ello, se espera que los gobiernos los arropen como propios y establezcan marcos nacionales para su cumplimiento (ONU, 2019).

17 Objetivos para transformar el mundo	1. Fin de la pobreza
	2. Hambre cero
	3. Salud y bienestar
	4. Educación de calidad
	5. Igualdad de Género
	6. Agua limpia y saneamiento
	7. Energía asequible v no contaminante
	8. Trabajo decente v crecimiento económico
	9. Industria, innovación e infraestructura
	10. Reducción de las desigualdades
	11. Ciudades v comunidades sostenibles
	12. Producción v consumo responsable
	13. Acción por el clima
	14. Vida submarina
	15. Vida de ecosistemas terrestres
	16. Paz, justicia e instituciones sólidas
	17. Alianzas para lograr los objetivos

Figura 19. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: Naciones Unidas 2019

Indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sustentable

Los indicadores son herramientas para clarificar y definir de forma más precisa, objetivos e impactos, estos están diseñados para contar con un estándar para comparar, evaluar, estimar o demostrar el progreso con respecto a las metas establecidas (Pérez, 2002).

Los indicadores de los ODS se deberán, desglosar, siempre y cuando sea pertinente, por ingresos, sexo, edad, raza, origen étnico, estatus migratorio, discapacidad y ubicación geográfica, entre otras características; para este caso de estudio, se mencionan los indicadores relacionados con el objetivo 7, 11 y el objetivo 12; los cuales están vinculados con el manejo integral de los residuos sólidos urbanos y la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, en la tabla 5, se describe cada uno de los indicadores.

Tabla 5.

Marco de Indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo sostenible

Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos	
Objetivos y metas	Indicadores
7.1 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de las fuentes energéticas.	7.1.1 Proporción de energía renovable en el consumo final total de energías
7.2 De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.	7.2.1 Corrientes financieras internacionales hacia los países en desarrollo para apoyar la investigación y el desarrollo de energías limpias y la producción de energía renovable, incluidos los sistemas híbridos
Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles	
11.1 De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire	11.1.1 Proporción de desechos sólidos urbanos recogidos periódicamente y con una descarga final adecuada respecto del total de desechos sólidos

y la gestión de los desechos urbanos generados, desglosada por municipales y de otro tipo. ciudad.

Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

12.1 De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

12.1.1 Tasa nacional de reciclado, en toneladas de material reciclado.

12.2 De aquí a 2030, asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza.

12.2.1 Grado en que i) la educación para la ciudadanía mundial y ii) la educación para el desarrollo sostenible (incluida la educación sobre el cambio climático) se incorporan en a) las políticas nacionales de educación, b) los planes de estudio, c) la formación del profesorado y d) la evaluación de los estudiantes.

Nota. Recuperado de: https://ods.org.mx/docs/doctos/McoIndMun_es.pdf

Como se observa en la *tabla 5*, el objetivo 12 fomenta el uso eficiente de los recursos naturales y la energía, además se prioriza la construcción de infraestructuras que no dañen el ambiente y la promoción de empleos ecológicos, así también, la mejora del acceso de los servicios básicos, lo que se traduce en una mejor calidad de vida. Una de las metas a 2030 es la reducción significativa de la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción y reutilización (ONU, 2019).

En 2013 y 2014, México participó en las consultas y negociaciones realizadas en el Grupo de Trabajo Abierto de la Asamblea General sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el resultado de lo anterior fue la creación de un informe final que contiene la propuesta de ODS.

2.2. Análisis de Ciclo de Vida

Con el fin de reducir los impactos negativos al medio ambiente, es necesario contar con una herramienta que permita la cuantificación de los recursos que se emplean en cada una de las etapas de un producto, es decir, desde su fabricación hasta su disposición final, en la *figura 20* se describe cada una de las etapas. El ACV es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas con un proceso, producto o servicio mediante la identificación y cuantificación de la energía, materiales consumidos y de los residuos generados al ambiente, este analiza la extracción y procesamiento de las materias primas; transformación, transporte y distribución; uso, reutilización y mantenimiento; reciclado y disposición final (Gallego, 2008).

En otras palabras el ACV es una herramienta que permite evaluar el impacto ambiental desde la cuna a la tumba de algún producto o servicio, con el fin de sistematizar dichos impactos se realiza una clasificación en categorías específicas, las cuales son: el calentamiento global, el agotamiento del ozono atmosférico, la acidificación del suelo, la eutrofización de cuerpos de agua, la formación de smog fotoquímico, toxicidad acuática y efectos a la salud humana, en este sentido el ACV nos brinda una valiosa información con el propósito de mejorar tanto los productos como los procesos (Vázquez, Alethia; Beltrán, Margarita; Espinosa, Rosa María; Velasco, Maribel, 2019).



Figura 20 Esquema de Análisis de Ciclo de Vida. Fuente: Instituto Superior del Medio Ambiente

A continuación, presentan algunas categorías de impacto:

- Capa de ozono: Destrucción de la capa de ozono por el uso de compuestos químicos.
- Calentamiento global: Medida de impacto que provocan las actividades del ser humano en el ambiente y se determina en unidades de dióxido de carbono CO_2 contaminación generada como resultado de los procesos por los que pasa un producto.
- Lluvia ácida: Consecuencias de la contaminación del aire.

- Eutrofización: Contaminación química del agua.
- Tóxicos al agua: Desechos químicos que son arrojados en las fuentes de agua, la cual ya no es considerada como agua potable.
- Toxicidad humana: Aquellas sustancias químicas que pueden producir efectos negativos sobre la salud.
- Tóxicos al suelo: Incorporación al suelo de materias extrañas, como los residuos sólidos.
- Impacto a recursos no renovables: Alteración al ambiente, provocada de manera directa o indirecta por un proyecto o actividad en un área determinada.

Los balances de materia y energía, cálculo de flujo de entrada y salida, análisis de riesgo ambiental, costos totales y análisis de costo beneficios, son algunas de las herramientas de ingeniería (Ocampo, 2013).

De acuerdo con el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, la metodología para desarrollar un ACV se compone de cuatro fases:

- Definición del objetivo y alcance
- Análisis de inventario
- Evaluación de impacto
- Interpretación de los resultados de estudio

La principal función de un ACV es la de proporcionar información para tomar las decisiones que se relacionan con servicios o productos y dar a conocer las posibles consecuencias ambientales (Ocampo, 2013).

2.2.1. Plásticos

Los plásticos son materiales constituidos por compuestos orgánicos de cadenas largas y elevado peso molecular, a temperatura ambiente se encuentran en estado sólido, en cambio a temperaturas altas se reblandecen y funden, esto permite que sean fácilmente

moldeables y puedan ser aprovechados en distintas aplicaciones (Asociación Española de Industriales de Plástico, 2019).

Existen diversos tipos de plásticos y diferentes clasificaciones, pero atendiendo su naturaleza se pueden agrupar en termoplásticos, termoestables y elastómeros, como se puede observar en la *figura 21*.








Termoplásticos	Termoestables	Elastómeros
<ul style="list-style-type: none"> • Este tipo de plástico se ablanda y se funde con altas temperaturas y se endurecen al enfriarse, dicho proceso de fusión y endurecimiento permite que puedan reciclarse; Algunos ejemplos de polímeros pertenecientes a este grupo son: • Acrilonitrilo-butadieno-estireno – ABS • Polycarbonato - PC • Polietileno - PE • Polietilentereftalato - PET • Policloruro de vinilo - PVC • Polimetil metacrilato - PMMA • Polipropileno - PP • Poliestireno - PS • Poliestireno expandido – EPS 	<ul style="list-style-type: none"> • Son materiales que no se ablandan una vez que se han moldeado, esto debido al grado elevado de reticulación, por lo tanto estos plásticos son duros y rígidos, lo cual les proporciona excelentes propiedades mecánicas; Algunos ejemplos de de polímeros pertenecientes a este grupo son: • Epoxi - EP • Fenol-formaldehídos - PF • Poliuretano - PUR • Politetrafluoretileno - PTFE • Resinas de poliéster no saturado - UP 	<ul style="list-style-type: none"> • Son aquellos que no se funden ni se disuelven, tienen una consistencia elástica y su grado de reticulación es bajo, a pesar de ello este tipo de plástico no se pueden procesar; Algunos ejemplos de de polímeros pertenecientes a este grupo son: • Estirénicos - SBC • Olefínicos - TPO • Vulcanizados termoplásticos - TPV • Poliuretano termoplástico - TPU • Copoliésteres - COPE • Copoliamidas - COPA

Figura 21 Tipos de plásticos. Fuente: Asociación Española de Industriales de Plásticos (ANAIP).

La Norma Mexicana NMX-E-232-CNCP-2011, establece y describe los símbolos de identificación que deben tener los productos fabricados de plástico, con el propósito de facilitar su selección, separación, acopio, recolección, reciclado y/o reaprovechamiento, tal y como se muestra en la *tabla 6*. El símbolo está compuesto por tres flechas que forman un triángulo, con un número en el centro y abreviatura en la base (ANIQ , 2019).

Tabla 6.

Clasificación tipos de plásticos de acuerdo a la NMX-E-232-CNCP-2011

Número de identificación	Abreviatura	Nombre	Imagen
1	PET O PETE	Poli(etilen tereftalato)	
2	PEAD o HDPE	Polietileno de alta densidad	
3	PVC o V	Poli(cloruro de vinilo)	
4	PEBD o LDPE	Polietileno de baja densidad	
5	PP	Polipropileno	
6	PS	Poliestireno	
7	Una vez que se identifican el o los materiales con los que está elaborado el producto, se debe indicar la o las abreviaturas de éstos de acuerdo a la NMX-E-057-CNCP, en caso contrario se deberá indicar la leyenda "OTROS"		

Nota. Recuperado de: <http://www.aniq.org.mx/cipres/unicel/index.html>

Existen varios tipos de plásticos, los cuales se han empleado en distintas aplicaciones; actualmente la economía funciona a partir de una dinámica de consumo constante, ocasionando una intensa extracción de recursos naturales los cuales se transformarán en productos y una vez que termine su tiempo de vida útil serán residuos, grandes

cantidades de desechos que la Tierra no puede asimilar, en los últimos años se han llevado a cabo múltiples estudios y discusiones sobre el impacto ambiental que los plásticos pueden ocasionar, una de las metodologías que se han empleado para evaluar el impacto ambiental de un producto es el ACV (Vázquez, Alethia; Beltrán, Margarita; Espinosa, Rosa María; Velasco, Maribel, 2019).

Para este caso de estudio se analizarán dos tipos de plásticos, el unicel y el PET, esto debido a los resultados obtenidos de un muestreo preliminar realizado en la UACM plantel SLT durante el semestre I-2019, en el muestreo se observó que en aulas dos terceras partes de los residuos generados son unicel y PET (Anexo A).

Unicel

El poliestireno expandido, es un plástico rígido celular el cual está constituido en un 5% de materia prima y 95% aire, fue creado en 1954 y es conocido en México comercialmente como unicel (Asociación Nacional de Industrias del Plástico , 2019), la materia prima para la fabricación del unicel es el petróleo, que mediante un proceso de destilación fraccionada se logra obtener la nafta, con este líquido se logra producir el estireno que en combinación con otros aditivos y agua se obtienen perlititas de poliestireno expandido con las cuales se crean piezas moldeadas de unicel (ANIQ , 2019).

A continuación, en la *figura 22* se muestra el ACV del unigel:

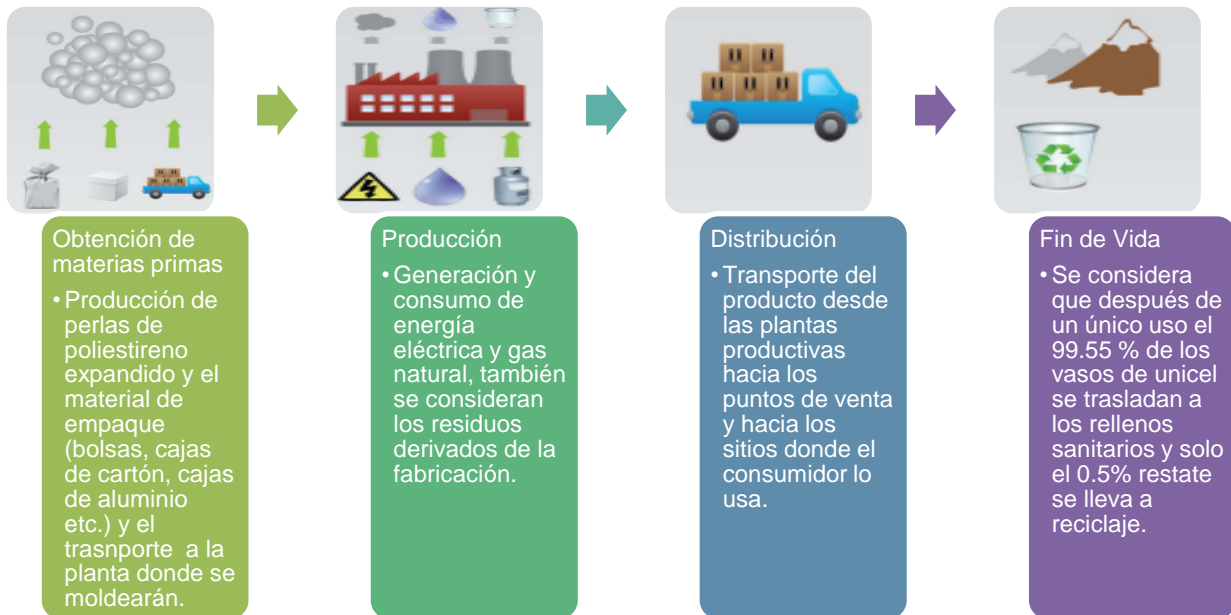


Figura 22. Análisis de Ciclo de Vida del unigel. Fuente: Centro de Análisis de Ciclo de Vida y diseño Sustentable, 2013.

De acuerdo al ACV de vasos desechables en México, documento realizado por el Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable (CADIS), el impacto ambiental potencial de los vasos de unigel se muestra en la *figura 23*.

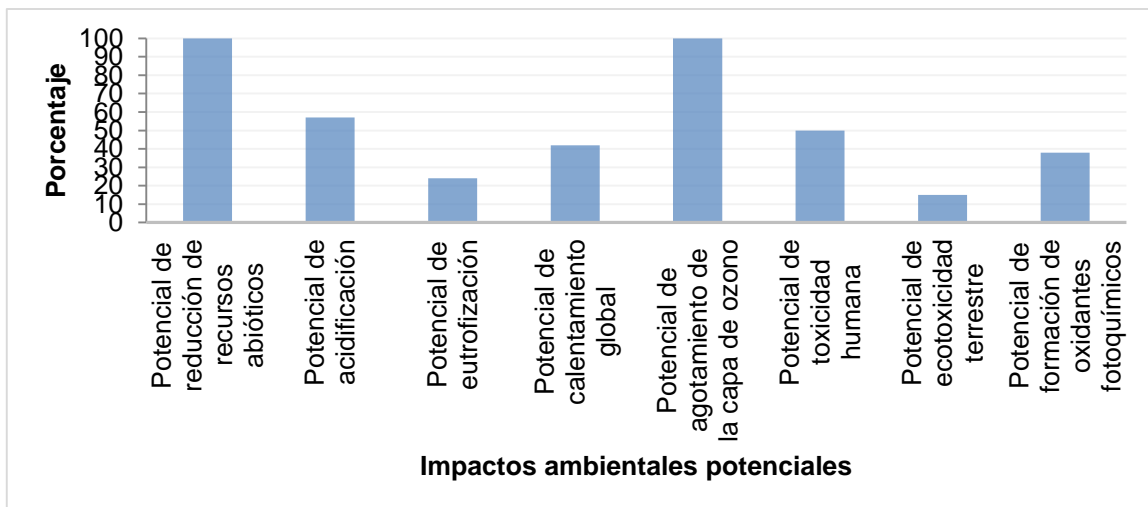


Figura 23. Gráfico de impactos ambientales potenciales del unigel. Fuente: Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable, 2013

Como se puede observar en la *figura 23*, la reducción de recursos abióticos y el agotamiento de la capa de ozono son los dos principales impactos ambientales potenciales del unicel.

PET

Por otra el polietilen tereftalato (PET, PETE) es un polímero plástico lineal, con alto grado de cristalinidad y posee un comportamiento termoplástico, dichas características lo convierten en un material resistente al desgaste, dimensionalmente estable y con propiedades dieléctricas. El PET se obtiene mediante la condensación del etilenglicol y ácido tereftálico, es un plástico de alta calidad que se identifica con el número uno. El PET es comúnmente utilizado en la industria textil, alimenticia, farmacéutica, de entretenimiento, etc. (QuimiNet, 2019).



Figura 24. Proceso para botellas plásticas, Fuente: Libélula Gestión en Cambio Climático y Comunicación, 2018.

En el ACV de las botellas hechas de PET, como se observa en la *figura 24*, el inicio es a partir de la adquisición de materias primas, el cual es el petróleo, de este se derivan dos sustancias, el etilenglicol y ácido tereftálico, en la producción se emplea energía, agua y otros insumos al igual que en el transporte y almacenaje, en la disposición final se ha considerado los residuos que se producen.

De acuerdo a los datos obtenidos para la elaboración de un ACV para la empresa San Miguel Industrias PET S.A.³, se logró realizar una comparativa de impactos ambientales

³ Empresa líder en la producción de envases rígidos en la Región Andina, Centroamérica y el Caribe.

en términos de generación de GEI al producir botellas de PET utilizando plástico reciclado, como se observa en la *tabla 7*.

Tabla 7.
Emisiones según tipo de botella SMI de 355 ml y etapa

Etapa/Emisiones	Botella de plástico PET SMI reciclado (kgCO ₂ eq/botella)	Botella de plástico PET SMI Virgen (kgCO ₂ eq/botella)
Adquisición de material	0.00627	0.06284
Producción de botella	0.00420	0.00420
Distribución a embotelladoras y puntos de ventas	0.00220	0.00220
Transporte hacia puntos de disposición final	0.00013	0.00013
Total de emisiones (en kg)	0.01280	0.06937
Total de emisiones (en g)	12.8	69.37

Fuente: Libélula Gestión en Cambio Climático y Comunicación, 2018.

La elaboración de una botella con material reciclado emite 0.01280 kgCO₂ equivalentes, mientras que la producción de una botella elaborada con plástico virgen es de 0.06937 kgCO₂ equivalentes, como se puede observar se genera menos CO₂ en la producción de una botella de PET a partir de plástico reciclado, este tipo de información fue parte de los resultados obtenidos de un ACV, donde los impactos ambientales también se miden a partir de la generación de GEI (Libélula Gestión en Cambio Climático y Comunicación, 2019).

2.2.2. Papel

El papel es una hoja delgada creada con pasta de las fibras vegetales provenientes de árboles o de paja, actualmente es uno de los materiales más utilizados por sus diversos usos, principalmente en la escritura.

El ciclo de vida del papel comienza en la obtención de las materias primas, el cual proviene de plantaciones forestales de pino o eucalipto, del bagazo de caña de azúcar y

de residuos resultado del consumo de papel, hasta un 64% del total de materia prima que se utiliza para la fabricación procede de papel post-consumo, se requiere incluir fibra virgen debido a que el reciclado de papel es limitado por la vida útil de la fibra, puede utilizarse hasta siete veces dependiendo del tipo de fibra (Two sides, 2016).

En la elaboración del papel la pulpa se obtiene de dos clases de fibra, las cuales se extiende en mesas para formar la hoja de papel, es en este momento donde se extrae su contenido de humedad a partir de presión y altas temperaturas, como resultado de lo anterior se producen grandes rollos de papel.

La industria papelera en México, logró en los últimos cinco años evitar la emisión de 70 millones de toneladas de GEI por medio del reciclaje de papel y cartón, obsérvese la *figura 25*, de acuerdo con lo comentado por la Confederación de Cámaras Industriales (Milenio, 2019).

Los productos que se generan a partir de los rollos de papel son diversos: papel para imprenta y escritura, papeles suaves (papel higiénico, pañuelos faciales, toallas de mano, servilletas, etc.), papeles de empaque, entre otros. Los productos se comercializan en el mercado y consumido en la industria, hogares, escuelas y otros lugares.

En años recientes la industria del papel está clasificada a nivel internacional como una de las mayores industrias de captación en emisiones de CO₂ equivalente, debido a las actividades que se desarrollan: reforestación, uso y reciclaje (Seale and Associates, 2017).

Finalmente, el papel usado es recolectado por recicladores para ser reincorporados como materia prima al proceso de producción, lo anterior sucede siempre y cuando el papel no se contamine con otro tipo de residuos, motivo por el cual es importante separar los desechos generados.



Figura 25. Industria del papel en México, Fuente: Reporte de la Industria del Papel, 2017.

Las disposiciones de la LGPGIR son de orden público e interés social y tienen como objetivo garantizar el derecho de toda persona al ambiente sano y propiciar el desarrollo sostenible, a través de la prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

2.3. Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos

La LGPGIR define como manejo integral a las actividades de reducción de la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos, realizadas de manera individual 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.

En conformidad con LGPGIR los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de los RSU, para ello es necesario formular por sí o en coordinación con las identidades federativas y con la representación de distintos sectores sociales, los programas para la prevención y gestión de los RSU.

Dentro de los criterios que orientará a los responsables del manejo integral de los RSU es la clasificación de los residuos, por ello es necesario identificar las fuentes generadoras, los distintos tipos de residuos, los materiales que componen los desechos y los aspectos relacionados con los mercados de los materiales reciclables.

A continuación, se describen las actividades por etapas de un manejo integral de los RSU de acuerdo al Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS) de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México 2016:

- **Generación:** Lo que se plantea en esta etapa es la implementación de medidas que permitan prevenir y reducir la generación de los RSU, tanto como sea posible; Las compras inteligentes forman parte de las medidas que ayudan a evitar el consumo de productos innecesarios, es importante planificar la compra de productos, la reutilización de materiales y evitar adquirir productos de un solo uso.
- **Separación:** En esta etapa se clasifican los RSU para su oportuna valorización, el reciclaje es un proceso que permita recuperar los materiales presentes en los residuos para ser utilizados como materia prima para la elaboración de otros productos.
- **Almacenamiento:** El almacenamiento in situ es la acumulación de los residuos en un contenedor en el lugar donde se generan esto es para evitar que los residuos se dispersen; El almacenamiento temporal, es aquel donde se almacenan los residuos en contenedores de mayor capacidad volumétrica, es dicho contenedor se recolectan los residuos del almacenamiento in situ en espera de la recolección y transporte.

- **Recolección y transporte:** En esta etapa el servicio de limpieza se encarga de recibir los residuos generados y trasladarlos a las estaciones de transferencia (sitio de tratamiento o disposición final).
- **Transferencia:** El sistema de operación de las estaciones de transferencia consiste en que los vehículos recolectores asciendan a la planta alta de la instalación por una rampa y descarguen los residuos por las tolvas hacia las cajas de los vehículos, con capacidad de 70 metros cúbicos, colocadas en el piso inferior. Una vez que la caja de transferencia se encuentra llena, se realiza el “despunte de los residuos” y se cubre la caja con una lona para evitar la dispersión de los residuos durante el trayecto a su destino.
- **Tratamiento y disposición final:** En la etapa de tratamiento los RSU se procesan de tal manera que cambian sus características físicas, químicas y/o biológicas para aprovecharlos, estabilizarlos, reducir su volumen o facilitar su disposición final, en la *figura 26* se presenta un esquema de gestión de residuos domiciliarios.

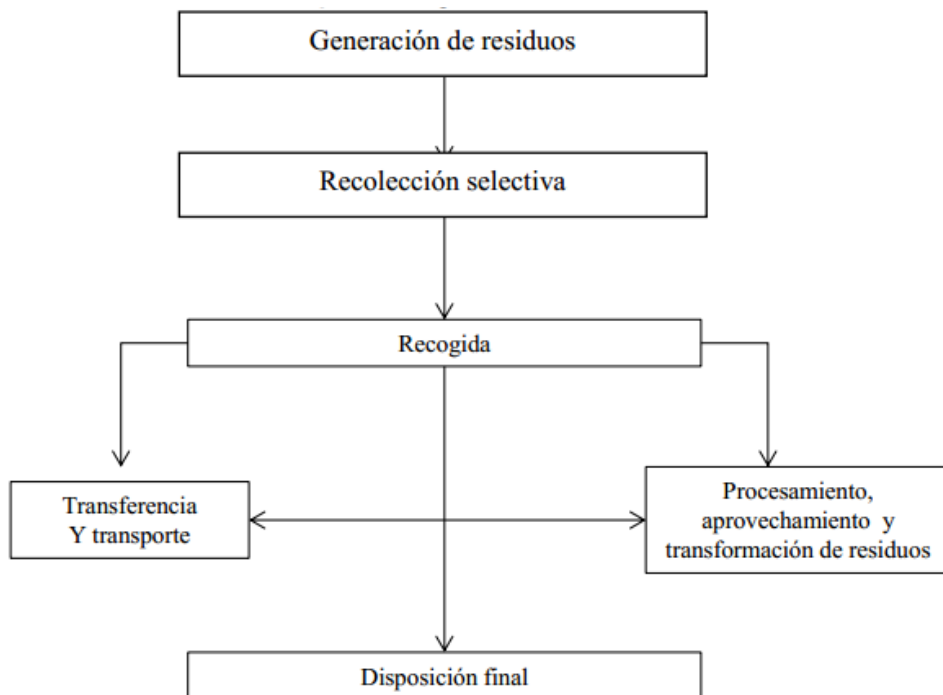


Figura 26. Etapas de la gestión de residuos. Fuente: Guía general para la gestión de residuos domiciliarios, CEPAL, 2016.

2.4. Normatividad en México

En el artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece como garantía el derecho a un ambiente sano.

En 1988 se publica en el Diario oficial la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la cual establece la distribución de competencias y coordinación entre los tres órdenes de gobierno, para ejercer sus atribuciones en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

La Ley General de Cambio Climático (LGCC), en su artículo 34 fracción IV inciso a) señala que con el propósito de reducir las emisiones GEI, la federación, las entidades federativas y los municipios promoverán el diseño y elaboración de políticas y acciones en diversos sectores, entre los cuales destaca el tema de residuos, en donde se deben ampliar gestiones y promover el desarrollo y la instalación de infraestructura para reducir y valorizar los desechos, así como para disminuir y evitar las emisiones de metano (CH₄) provenientes de los RSU.

En el artículo 7 fracción de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), determina que es facultad de la federación: formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de residuos, así mismo, la elaboración del Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (PNPGIR), el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de Manejo Especial y el Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados y coordinar su instrumentación con la entidades federativas y municipios.

De manera precisa, el artículo 25 de la LGPGIR señala que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es la autorizada para formular e instrumentar el PNPGR, el cual deberá estar orientado en las siguientes acciones: reducir, reutilizar y reciclar los residuos, a partir de principios como la responsabilidad compartida, así mismo dicha dependencia tiene la responsabilidad de establecer normas oficiales que regulen la disposición de los residuos.

El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, publicado el 12 de julio de 2019 en el Diario Oficial de la Federación es:

“...un instrumento para enunciar los problemas nacionales y enumerar las soluciones en una proyección sexenal.”

El PND 2019-2024, articula tres ejes principales: I) Política y Gobierno, II) Política Social, y III) Política económica.

En el eje sobre Política Social se establece lo siguiente:

“El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar. Se le define como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Esta fórmula resume insoslayables mandatos éticos, sociales, ambientales y económicos que deben ser aplicados en el presente para garantizar un futuro mínimamente habitable y armónico. El hacer caso omiso de este paradigma no sólo conduce a la gestación de desequilibrios de toda suerte en el corto plazo, sino que conlleva una severa violación a los derechos de quienes no han nacido. Por ello, el Ejecutivo Federal considerará en toda circunstancia los impactos que tendrán sus políticas y programas en el tejido social, en la ecología y en los horizontes políticos y económicos del país. Además, se guiará por una idea de desarrollo que subsane las injusticias sociales e impulse el crecimiento económico sin provocar afectaciones a la convivencia pacífica, a los lazos de solidaridad, a la diversidad cultural ni al entorno.”

El PNPGIR, es el instrumento que establece la política pública en materia de residuos a través de objetivos, lineamientos, acciones y metas para garantizar el derecho al ambiente sano y propiciar el desarrollo sostenible es indispensable la gestión integral de

los residuos sólidos urbanos, previniendo la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación; además de contar con los elementos necesarios para la elaboración de programas locales de prevención de la gestión integral de residuos de manejo especial y sólidos urbanos.

En la *tabla 8* se muestran las normas oficiales mexicanas vigentes aplicables a los residuos sólidos urbanos.

Tabla 8.

Normas Oficiales Mexicanas

Norma Oficial Mexicana	Título
NOM-083-SEMARNAT-2003	Especificaciones de protección ambiental para la selección de un sitio, construcción, operación, monitoreo, clausura y potras complementarias de un sitio de disposición final de los RSU y de manejo especial.
NOM-098-SEMARNAT-2002	Protección ambiental-incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.
NADF-024-AMBT-2013 ⁴	Establece los criterios y especificaciones técnicas bajo los cuales se deberán realizar la separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de los residuos del distrito federal.
NMX-AA-15-1985 ⁵	Protección al ambiente-contaminación del suelo, sólidos municipales, muestreo, método de cuarteo.

En cuanto a la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos, en el artículo 5, fracción VI de la LGPGIR se menciona que es facultad de la federación la regulación de dichas actividades, así como otros ordenamientos aplicables.

⁴ Norma ambiental para la Ciudad de México

⁵ Esta Norma fue modificada de Norma Oficial Mexicana a Norma Mexicana, de acuerdo al Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 6 de noviembre de 1992.

Capítulo III. Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos

De acuerdo a la LGPGIR, la Gestión Integral de Residuos es el conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región.

Debido a lo anterior es necesario realizar agrupar y subclasificar los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial en categorías, esto permite elaborar inventarios correspondientes, y orientar la toma de decisiones basada en criterios de riesgo y en el manejo de los mismos. Para los generadores o quienes manejan o disponen finalmente de los residuos es de vital importancia proporcional las indicaciones acerca del estado físico, así como de las propiedades que permitan anticipar su comportamiento en el ambiente, para ello se requiere el conocer la relación existente, tal y como se presenta en la *figura 27*.

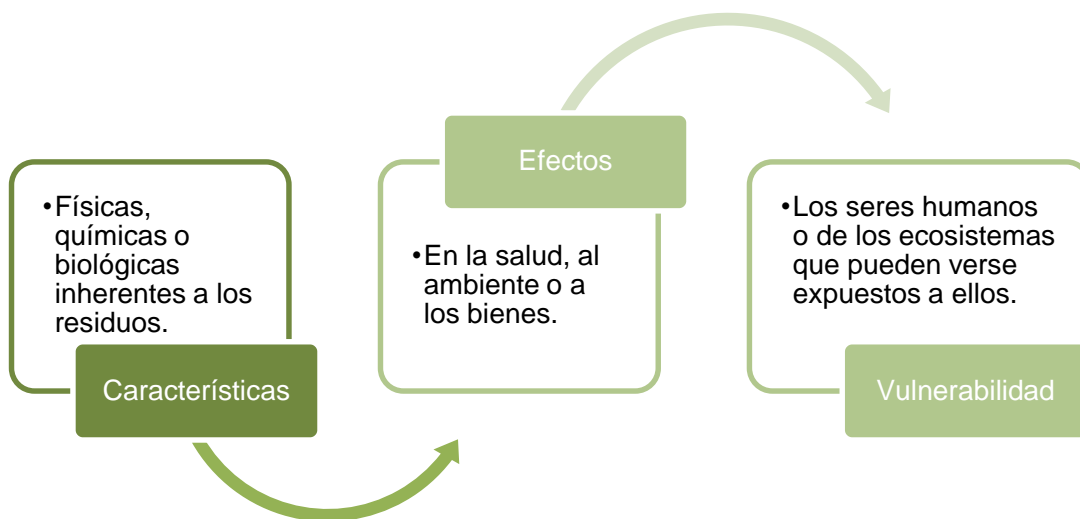


Figura 27. Relación existente entre los factores que permitan anticipar su comportamiento al ambiente, Fuente: SEMARNAT

Dentro de los principios rectores, internacionalmente utilizados para el manejo de los residuos, es el principio de jerarquía en la gestión, cuyo propósito es evitar la generación, de no ser posible, se debe minimizar, empleando el concepto de las 3R's (reducir, reutilizar, reciclar), en caso de que no sea posible la minimización, entonces se debe emplear el tratamiento, y sólo cuando el tratamiento no sea factible, se debe considerar la disposición final. En la *figura 28*, se muestra la jerarquía en el manejo de los residuos sólidos.

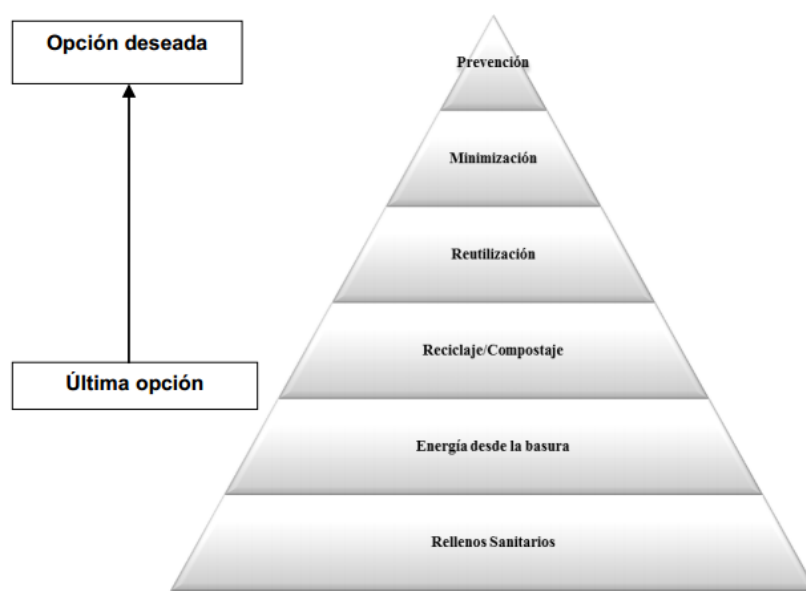


Figura 28. Jerarquía en el manejo de residuos sólidos. Fuente: Guía general para la gestión de residuos, CEPAL, 2016.

En otras palabras, la jerarquía procura seguir los siguientes puntos:

- Evitar la generación de residuos desde el origen.
- Reducir al máximo la generación de residuos desde el origen
- Reutilizar los residuos generados ya sea en la misma cadena de producción o en otra paralela
- Valorizar los residuos a través de la recuperación energética, el reciclaje o el co-procesamiento, entre otros.
- Tratar los residuos antes de enviarlos a disposición final
- Disponer la menor cantidad de residuos.

3.1. Caracterización de los residuos

Con el propósito de determinar la composición física de los residuos sólidos es necesario caracterizar los desechos a partir de la norma mexicana NMX-AA-15-1985: Protección al ambiente, contaminación del suelo, residuos sólidos municipales, muestreo, método de cuarteo.

Para el cuarteo, la muestra debe ser representativa de la zona o estrato socioeconómico del área de estudio, en cuanto al procedimiento, se requiere la participación de cuando menos tres personas.

Los residuos se depositan formando un montón sobre un área plana horizontal de cemento pulido o similar, el montón se traspalea con pala y/o biello, hasta homogeneizarlos, a continuación, se divide en cuatro partes aproximadamente iguales A B C y D, y se eliminan las partes opuestas A y C ó B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 Kg de residuos sólidos con los cuales se debe hacer la selección de subproductos de acuerdo a la Norma Mexicana NMX-AA-22.

Con la muestra ya obtenida, se seleccionan los subproductos depositándolos en bolsas de polietileno hasta agotarlos, lo anterior se realiza de acuerdo a al siguiente listado:

- Algodón
- Cartón
- Cuero
- Residuo fino (todo material que pase la criba M 2.00)
- Envase de cartón encerado
- Fibra dura vegetal
- Fibras sintéticas
- Hueso
- Hule
- Lata

- Loza y cerámica
- Madera
- Material de construcción
- Material ferroso
- Material no ferroso
- Papel
- Pañal desechable
- Plástico rígido y de película
- Poliuretano
- Poliestireno expandido
- Residuos alimenticios
- Residuos de jardinería
- Trapo
- Vidrío de calor
- Vidrío transparente
- Otros.

Para cuantificar los subproductos ya clasificados se pesan por separado y se anota el resultado. El porcentaje en peso se calcula con la siguiente ecuación:

$$PS = \frac{G_1}{G} (100)$$

En donde:

PS = Porcentaje del subproducto considerado

G_1 = Peso del subproducto considerado, en kg.

G = Peso total de la muestra

El resultado de sumar los diferentes porcentajes, debe ser como mínimo el 98% del peso total de la muestra.

3.2. Almacenamiento

El Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2020 de la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México, define el almacenamiento como:

“El depósito temporal de residuos sólidos en contenedores previos a su recolección, tratamiento y disposición final”

El almacenamiento *in situ* se refiere a los contenedores ubicados en el lugar de origen, donde los desechos se almacenan por un corto tiempo, para el diseño de los contenedores se consideran cuestiones estéticas, económicas y de salud.

Las variables que deben tomarse en cuenta para el almacenamiento *in situ* son:

- Tipo de recipiente a ser usado
- Ubicación del contenedor
- Estética

Existe una amplia variedad de recipientes que son empleado para el almacenamiento *in situ*, pero el tipo y la capacidad del contenedor dependerá de las características de los desechos a ser almacenados y del espacio disponible en el sitio de generación (Hernández Santibañez, 2014).

Después del almacenamiento *in situ*, se almacenan temporalmente en contenedores de mayor volumen, los cuales posteriormente se entregan al servicio de limpieza y recolección.

El sistema de almacenamiento de residuos sólidos en las fuentes generadoras depende de los siguientes parámetros:

- La cantidad de desechos generados: la producción de residuos está relacionada con el número de habitantes, nivel socioeconómico, estación del año, hábitos alimenticios, día de la semana y la infraestructura de servicios

- La densidad de los desechos: es el volumen necesario para acomodar determinada cantidad de residuos conforme a su peso.
- La frecuencia de la recolección: es el número de días en que se ofrece el servicio de recolección.

Para su aplicación en el cálculo volumétrico de almacenamiento se utilizan los factores de la *tabla 9*.

Tabla 9.
Factores de frecuencia de recolección

Frecuencia de recolección	Factor
Diaria	1
Cada tercer día	2
Tres veces por semana	3
2 veces por semana	4
Una vez a la semana	5

Nota: Recuperado del Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales, SEDESOL, s/f.

Para el cálculo de las necesidades volumétricas para el almacenamiento de fuentes no domiciliarias (comercios, mercados, tiendas de autoservicios, terminales de autotransporte, industrias, hospitales, sitios públicos e instituciones) se utiliza la siguiente expresión:

$$V = \frac{G}{PV} (fr)$$

Donde:

V = Volumen del contenedor en m^3

G = Generación de residuos en kg/día

PV = Densidad de residuos en kg/m^3

fr = Factor de frecuencia de recolección

Los recipientes empleados para el almacenamiento temporal tienen que estar acorde a la cantidad de residuos generados, el tipo de residuos y la frecuencia del servicio de recolección, el diseño de los contenedores también deberá responder a otras

necesidades como evitar la entrada y salidas de líquidos y animales como insectos o roedores (SEDESOL, s/f).

La zona de almacenamiento debe cumplir con ciertas características tales como:

- El lugar debe estar techado para evitar que la lluvia o el sol afecten los residuos almacenados.
- Los recipientes se colocarán a una distancia de 20 centímetros sobre el nivel del piso.
- El lugar debe ser inaccesible a animales domésticos y a personas ajenas al lugar.
- Antes de entregar los residuos al servicio de recolección se deberá barrer los desechos que se encuentren dispersos e introducirlos nuevamente al contenedor.
- El lugar se debe lavar por lo menos una vez a la semana, con agua caliente y detergente, esto con la intención de eliminar bacterias y malos olores que puedan adherirse al suelo.
- De preferencia el piso del lugar de almacenamiento deberá construirse con materiales impermeables y antiderrapantes.

3.3. Sistemas de recolección

Para el diseño del sistema de recolección es necesario considerar el método de recolección y la frecuencia de recolección, ambos factores tiene un fuerte impacto en los costos, pues constituyen el 70% del costo total del manejo de residuos.

Método de parada fija: consiste en recoger los residuos en las esquinas de las calles, donde mediante una campana se comunica a la población sobre la llegada del camión y los usuarios acuden a entregar sus desechos.

Método de acera: consiste en que simultáneamente al recorrido del camión por su ruta, el personal de cuadrilla va recogiendo los desechos, previamente colocados por los usuarios en el frente de sus domicilios.

Método de contenedores: para llevar a cabo este método es necesario el empleo de camiones especiales y que los contenedores estén ubicados en forma accesible al vehículo recolector, este método es ideal para centros de gran producción de desechos.

La recolección tiene como objetivo primordial preservar la salud pública de manera eficiente, en la CDMX, la recolección domiciliar de residuos es responsabilidad de la administración pública de las diferentes alcaldías.

3.4. Rutas de recolección

Las rutas de recolección son los recorridos específicos que deben realizar diariamente los vehículos recolectores, con el fin de recoger de la mejor forma posible los residuos generados, en México, tradicionalmente el diseño de las rutas de recolección se han realizado con base al juicio y experiencia del jefe de limpia o de los choferes de los vehículos recolectores, dicho criterio, no es el ideal en cuanto a operación y funcionamiento y un mal diseño de las rutas trae graves consecuencias (SEDESOL, s/f)., como las que se mencionan a continuación:

- Deficiente operación y funcionamiento del equipo
- Desperdicio de personal
- Disminución de las coberturas del servicio de limpia
- Proliferación de tiraderos clandestinos a cielo abierto

Para diseñar cada ruta a detalle es necesario realizar una zonificación conforme a los siguientes aspectos: traza urbana de la localidad, topografía de la localidad, ancho y tipo de calles, método de recolección, equipo e recolección, densidad de población y generación de residuos.

La mejora de las rutas reduce costos de operación y mantenimiento, reduce las distancias muertas, se da el servicio a toda la población, aprovechan los vehículos recolectores, el personal se ahorra trabajo improductivo.

Pese al buen diseño de las rutas es recomendable revisarlas una o dos veces al año, ya que pueden producirse cambios en la ciudad.

3.5. Transferencia de residuos sólidos

La estación de transferencia es la instalación en donde se realiza el traslado de basura de un vehículo recolector a otro de mayor capacidad de carga, este último es el encargado de transportar la basura hasta su destino final (SEDESOL, s/f).

Hay principalmente dos tipos de estaciones de transferencia en cuanto a la operación de descarga, la directa y la indirecta.

Las estaciones de carga directa vierten el contenido (basura) directamente en vehículos de transferencia, las cuales no pueden almacenar la basura, lo que exige que siempre haya un vehículo de transferencia, es decir, si camión recolector llega a la estación y no hay vehículo de transferencia para recibir la basura, el camión deberá esperar hasta la llegada de un vehículo vacío.

Estas instalaciones tienen equipos de alimentación y compactación para cargar los vehículos de transferencia de tipo cerrado, de igual manera, en algunas estaciones que operan con vehículos abiertos se utiliza un tipo brazo hidráulico para nivelar la basura en los vehículos de transferencia y si no llegaran a contar con dicho aparato, se realiza manualmente, lo que dificulta en gran medida el trabajo del personal (SEDESOL, s/f).

En las estaciones de carga indirecta, se almacena la basura en fosos o patios y se descarga indirectamente en los vehículos de transferencia, los fosos pueden tener el sistema de fondo móvil con correas transportadoras que llevan la basura a una altura que permita cargarla a los vehículos.

Por otra parte, dependiendo del patio, se emplean varios equipos para mover los residuos y cargar los vehículos de transferencia, la principal ventaja de este tipo de instalaciones es que los camiones recolectores nunca tienen que esperar para descargar su contenido, pero dentro sus desventajas es que son vulnerables ante fallas electromecánicas.

En la Ciudad de México, se cuentan con 12 estaciones de transferencia ubicadas en las siguientes alcaldías: Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Milpa Alta, Tlalpan, Venustiano Carranza y Xochimilco, las cuales dan servicio en un horario de 06:00 a 22:00 h, con excepción de las estaciones ubicadas en Iztapalapa ya que operan todo el día, con el objetivo de cubrir la urbe en su totalidad y evitar recorridos largos, las estaciones de transferencia se encuentran distribuidas en lugares intermedios de la ciudad (SEDEMA, 2018).

Alrededor de 1,176 personas laboran en las 12 estaciones, de las cuales 234 son trabajadores del Gobierno de la Ciudad de México, dentro de las actividades que realizan es el vaciado de residuos orgánicos de los camiones recolectores a las tolvas correspondientes y la limpieza de las plataformas de recepción, por otra parte, las 942 personas restantes efectúan el barrido de los residuos en el exterior e interior de las estaciones además de lavado de los vehículos de transferencia.

En 2018, para llevar a cabo el traslado de los residuos a tratamiento, aprovechamiento o disposición final, se emplearon 221 vehículos de transferencia, cada uno con una capacidad de 70 metros cúbicos (SEDEMA, 2018).

Finalmente, el propósito de colocar los residuos en vehículos de mayor capacidad es asegurar su traslado a instalaciones de tratamiento, aprovechamiento, o disposición final.

3.6. Tratamiento y valorización de residuos sólidos

Actualmente los países desarrollados, principalmente en Europa, se están impulsando acciones relacionadas con la reducción de los residuos, reciclaje, reúso, conversión térmica y otros medios de aprovechamiento.

Antes de ser depositados en sitios de disposición final, los residuos sólidos pueden ser sometidos a procesos que produzcan beneficios técnicos, operativos, económicos y ambientales, de esta forma el objetivo del tratamiento y valorización de los residuos es realizar las acciones necesarias para aprovechar los recursos contenidos en ellos (Rondón Toro et al, 2016).

El tratamiento y valoración, observar la *figura 29*, son más eficaces cuando, ya sea de forma local o regional, hay un esfuerzo en la minimización de la producción de residuos, evitando el desperdicio, reaprovechando la materia prima, separando los residuos que tiene alto potencial de ser reciclados y gestionando los desechos de manera correcta.

Mecánicos	Clasificación; en función del interés económico.
	Trituración; reduce la granulometría y el volumen de los residuos, los mezcla y homogeniza.
	Compactación; densifica los residuos, reduciendo los espacios vacíos.
Térmicos	Incineración; quema controlada, a alta temperatura, en dispositivos especialmente diseñados y con control ambiental.
	Pirólisis; degradación térmica de los residuos en ausencia de oxígeno o con una cantidad controlada del mismo, a temperatura inferior a la incineración, que produce líquidos y gases de alto contenido energético.
Biológicos	Aeróbico; indicado para estabilización y compostaje, sus productos principales son el agua, el dióxido de carbono y el calor.
	Anaeróbico; importante en la producción de metano, la degradación de los desechos es más lenta y genera ácidos grasos, acético y otros de bajo peso molecular, además de otros gases tóxicos como por ejemplo: ácido sulfhídrico H ₂ S.

Figura 29. Tecnologías usadas en el tratamiento y valorización de los residuos sólidos. Fuente: Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios, 2016.

3.6.1. Reciclaje

El objetivo del reciclaje es la recuperación de la materia prima que contienen los residuos sólidos urbanos, el reciclado puede llevarse a cabo de dos formas, la primera radica en la separación de los componentes presentes en los desechos, para el éxito de esta manera de reciclar es vital la participación de la ciudadanía, al tener que depositar sus residuos en contenedores diferentes y por consiguiente es necesario que la recogida de dichos residuos se realice por separado en varios compartimientos.

La segunda forma de realizar el reciclado es partiendo de las basuras brutas, empleando distintas técnicas como la trituración, cribado y clasificación neumática, posteriormente se utilizan otros métodos para la separación de fracciones ligeras (clasificación por vía húmeda, electromagnética, electroestática, flotación por espumas, etc.), la recuperación tiene ventajas y desventajas que a continuación se muestran en la *figura 30*.



Figura 30. Ventajas y desventajas del reciclaje, Fuente: Guía general para la gestión de residuos domiciliarios, CEPAL, 2016.

El reciclaje es un tratamiento impulsado por un nuevo concepto de gestión de residuos sólidos, el cual debe lograr los siguientes objetivos:

- Conservación y ahorro de energía
- Conservación o ahorro de recursos naturales
- Disminución del volumen de residuos que van a rellenos sanitarios
- Protección al ambiente

3.6.2. Compostaje

El compostaje es el proceso de descomposición de la materia orgánica contenida en RSU por vía aerobia en condiciones controladas, las bacterias que actúan en dicho proceso son termofílicas (la temperatura oscila entre 50 y 70°C), por lo que se produce la eliminación de gérmenes patógenos y la inocuidad del producto (Rondón Toro et al, 2016).

El material resultante del proceso, compostaje, es un abono, es decir un regenerador orgánico del suelo, cuyos efectos positivos son los siguientes:

- Suelta las tierras compactadas de los terrenos y compacta aquellas que están demasiadas sueltas.
- Favorece el abono químico al evitar la percolación.
- Aumenta la capacidad de retención de agua por el suelo.
- Es fuente de nutrientes.
- Incrementa el contenido de materia orgánica del suelo.

En el último punto, es importante enfatizar que, hasta el momento, el medio principal de encomienda orgánica en los suelos ha sido el estiércol, pero debido a la cada vez menor utilización de animales en las faenas del campo, la composta puede ser el sustituto adecuado para tal función.

De acuerdo con la ONU, en la publicación *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*, las causas de la escasa utilización y el fracaso experimentado por algunas plantas de fabricación se mencionan a continuación.

- Mala calidad del producto brindado al agricultor.
- Inestabilidad en el tiempo de fermentación
- Fabricación de una sola calidad.
- Falta de información del uso de la composta.
- Distancias de suministro excesivas y alto costo de transporte.
- Capacidad de producción pequeña.
- Falta de estudio de mercado.
- Presencia de metales pesados en el producto.

Con la intención de hacer un uso universal de la composta, será necesario establecer criterios de calidad, fabricación, así como otros factores limitantes como salinidad, condiciones sanitarias, contenido de metales pesados, etc. De igual manera, las plantas se deben situar a distancias menores de 50 kilómetros de los centros de consumo, elaborar manuales que brinden información a los agricultores sobre el uso del producto, además de establecer precios subsidiados que le permitan competir en el mercado (Rondón Toro et al, 2016).

3.6.3. Aprovechamiento energético de los residuos sólidos

El aprovechamiento energético de residuos hace referencia a un grupo de tecnologías de tratamiento de residuos para recuperar energía en forma de calor, electricidad o combustibles alternos, como es el caso del biogás (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2017).

Algunas de las tecnologías para la valorización energética de los residuos son:

- ✓ Procesos de tecnologías de tratamiento térmico
- ✓ Procesos de tratamiento biológico

El primero se refiere a la incineración, la gasificación, la pirólisis o la gasificación por plasma y el segundo se refiere a la biometanización, o digestión anaerobia de la fracción orgánica con la valorización del biogás obtenido (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2017). A continuación, se mencionan el funcionamiento de los procesos antes mencionados.

Incineración

La incineración es un proceso de combustión controlada en donde se reduce el volumen de los residuos sólidos urbanos transformándolos en materiales sólidos, gaseosos y líquidos, que pueden ser más manejables para su disposición final.

La temperatura de la reacción tiene un rango de 850°C y 1450°C, se requiere un poder calorífico mínimo de los residuos para tener una reacción térmica en cadena y la combustión auto-sostenible, es decir, que no haya necesidad de agregar otros combustibles; durante la incineración se liberan gases, los cuales poseen la mayor cantidad de energía disponible en forma de calor, esta energía térmica se emplea para generar vapor y producir electricidad (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2017).

Toda planta incineradora de RSU debe realizar las siguientes operaciones:

- Recepción, pesaje y almacenamiento.
- Alimentación y dosificación de hornos.
- Extracción de cenizas y escorias.
- Enfriamiento de gases.
- Tratamiento de los gases y de las cenizas volátiles de combustión.
- Transporte de escorias.

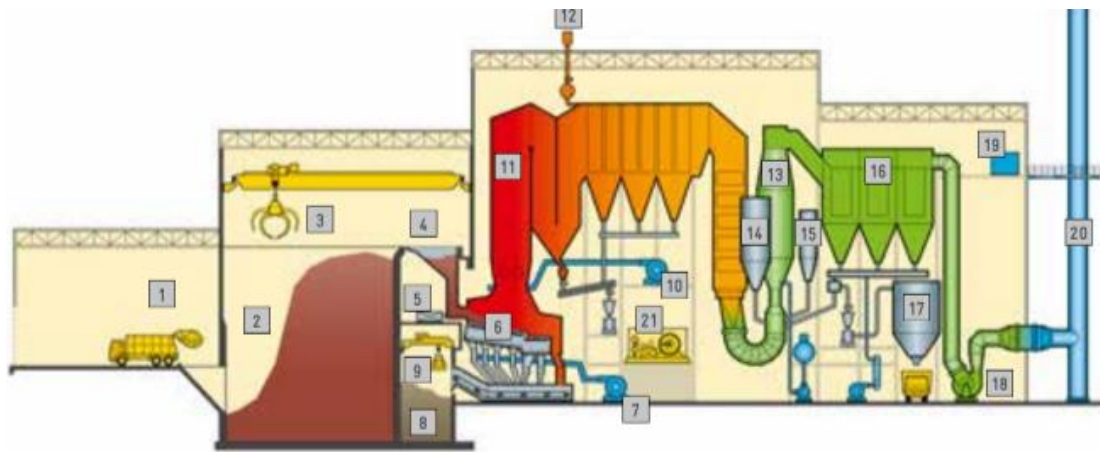
Todas las partes de la planta deben de cumplir con una serie de requisitos mínimos para poder convertir los residuos en cenizas o escorias prácticamente inertes, con el fin de que los gases de combustión contengan la mínima cantidad de polvo y para que el

recurso hídrico empleado no represente un peligro de contaminación, en la *figura 31* se observan los componentes de una planta de incineración.

Las ventajas de emplear un sistema de incineración para tratar los residuos sólidos se enlistan a continuación.

- Escasa utilización de terrenos.
- Se podría implementar cerca del núcleo urbano.
- Puede tratarse cualquier tipo de residuo si posee un poder calorífico adecuado.
- Existe la posibilidad, para plantas de mayor capacidad, de recuperación de energía.

Por otra parte, también hay inconvenientes económicos como: una inversión alta de instalación, costos elevados de operación, técnica de exploración muy especializada, exposición a paros y averías, por lo que es necesario un sistema alternativo, no supone un sistema de eliminación total, por ello es necesario tener un relleno para los rechazos (Rondón Toro et al, 2016).



ENTREGA DE RESIDUOS	INCINERACIÓN	LIMPIEZA DEL GAS DE COMBUSTIÓN	RECUPERACIÓN DE ENERGÍA
1 Cuarto de vertido	5 Alimentador	13 Reactor-gas de comb.	21 Turbina de vapor / generador
2 Depósito de residuos	6 Parrilla de incineración	14 Cal hidratada	
3 Grúa de residuos	7 Ventilador primario	15 Carbón activado	
4 Tolva de alimentación	8 Depósito ceniza inf.	16 Filtro	
	9 Grúa ceniza inf.	17 Silo (ceniza volante)	
	10 Ventilador secundario	18 Ventilador ID	
	11 Caldera de vapor	19 Sistema de Monitoreo de Emisiones (CEMS)	
	12 Válvula de seguridad de la caldera	20 Chimenea	

Figura 31. Componentes de una planta de incineración de RSU con limpieza de gases de combustión vía húmeda. Fuente: GIZ, 2017

El poder calorífico inferior es imprescindible para evaluar la posibilidad de incineración, el cual debe ser en promedio 7 MJ/kg como límite mínimo para optar por esta alternativa, pues permite la combustión de residuos sin necesidad de combustible adicional.

La energía térmica que se libera puede ser recuperada para usos como: alimentación de una red de calefacción, producción de agua caliente, producción de vapor para la industria, generación de energía eléctrica por vapor de alta precisión, accionamiento de turbinas por los gases de la combustión.

En resumen, las variables que permiten tomar la decisión por optar por la incineración, dependen del poder calorífico de los residuos, la capacidad de instalación y el precio de comercialización de la energía generada.

Pirólisis y gasificación

La gasificación y la pirólisis, es considerada como tecnologías alternativas, cuyo objetivo es el tratamiento de los desechos para disminuir su volumen y peligrosidad, al mismo tiempo que captura y destruye sustancias potencialmente dañinas, dichas tecnologías consisten en la desgasificación de los residuos en condiciones controladas de oxígeno, durante este proceso se forma gas de pirolisis y un coque sólido.

El poder calorífico de gas de pirólisis oscila entre 5 y 15 MJ/m³ considerando como materia prima RSU, a continuación, se enlista los pasos tecnológicos de la pirólisis.

- Proceso de fuego latente: formación de gas a partir de partículas volátiles de los desechos a temperaturas de entre 400 a 600°C.
- Pirólisis: descomposición térmica de las moléculas orgánicas de los residuos en temperaturas que oscilan los 500 y 800°C que resulta en la formación de gas y una parte sólida.
- Gasificación: transformación del contenido de carbono remanente en el coque que resulta de la pirólisis con la ayuda de una sustancia de gasificación.
- Incineración: dependiendo de la tecnología, el gas y el coque se someten a un proceso de combustión en una cámara de incineración.

La pirólisis y la gasificación no se consideran tecnologías independientes y de fácil manejo, son componentes en un sistema de gestión integral de los residuos, además de requerir puntos técnicos altamente especializados.

Por otra parte, los tratamientos biológicos buscan reducir las concentraciones de contaminantes de los residuos orgánicos mediante la optimización de los procesos naturales usando microorganismos como bacterias u hongos y manteniendo un control de la temperatura, un equilibrio nutritivo y los procesos puede ser aerobio o anaerobio (Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2017).

Digestión anaerobia para la producción de biogás

La digestión anaerobia es la descomposición de materia orgánica a través de microorganismos en ausencia de oxígeno, este proceso ocurre en forma natural en condiciones carentes de oxígeno, como la sedimentación que se da en algunos lagos y se puede emplear en condiciones controladas para generar biogás (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2017).

Para producir biogás de manera artificial se utiliza un reactor hermético, llamado digester anaeróbico, en el cual se favorece las condiciones necesarias para que los microorganismos conviertan la materia orgánica en biogás y un residuo sólido-líquido llamado digestato.

El digestato puede ser utilizado como fertilizante orgánico, siempre y cuando el sustrato sea separado desde su origen y que no se encuentre contaminado; El biogás es una mezcla de gases, los cuales pueden brindar energía térmica y/o eléctrica, el gas metano es el portador primordial de la energía en el biogás y su contenido varía entre 50 y 75%, lo anterior dependerá del sustrato y de las condiciones de funcionamiento del digester, el poder calorífico del biogás es aproximadamente la tercera parte del gas natural (5.5 a 7.5 kWh/m³).

La digestión anaerobia en digestores a menor escala ha sido utilizada en países en vía de desarrollo para aprovechar el contenido energético de los residuos orgánicos en zonas rurales, el recurso primario proviene de la agricultura, particularmente del estiércol de los animales, el cual es de fácil manejo.

Asimismo, en escala municipal, la digestión anaerobia está siendo considerada como posible opción para la recuperación energética a partir de los RSU, pese a lo anterior, la operación de plantas de biogás de RSU de forma heterogénea es un gran desafío, en términos de requisitos operativos, de seguridad y financieros (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2017).

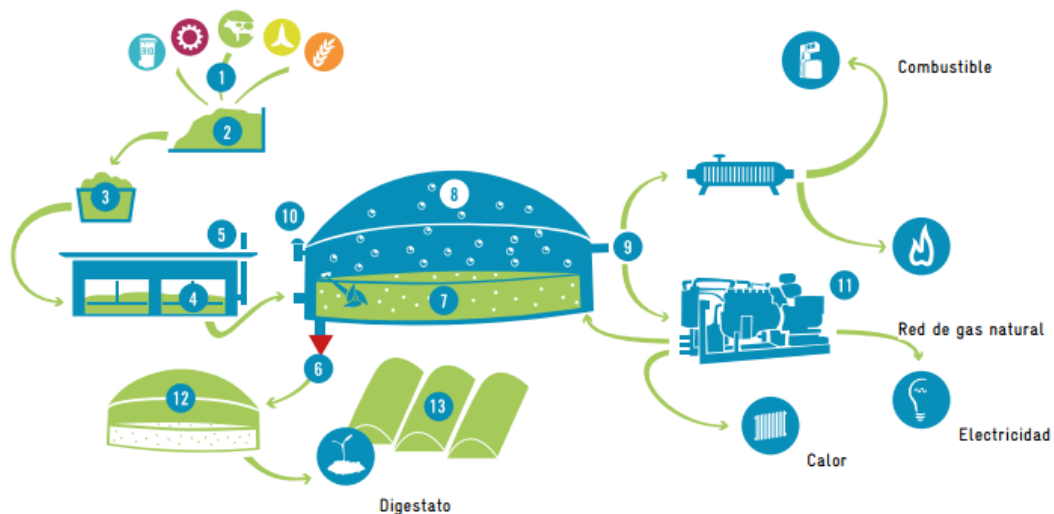
El principal reto en la operación exitosa de las plantas de biogás es la capacidad de garantizar los residuos orgánicos adecuadamente separados, en muchos países, los residuos orgánicos se mezclan con materia inorgánica y otros contaminantes, lo que representa un obstáculo para el impulso de dicha tecnología.

Existe un extenso número de diseños de digestores anaeróbicos en el contexto internacional y se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes criterios.

- Modo de alimentación: sistemas discontinuos (tipo Batch) o continuos.
- Rango de temperatura: las condiciones termófilas se sugieren cuando predomina el riesgo de patógenos (condición psicrófila, temperaturas menores a 25°C, mesófila, rango entre 35 a 48°C y termófila, temperaturas mayores a 50°C).
- Tipo de reactor: Los reactores con tanque de agitación continua son comunes para recursos líquidos como residuos de servicio alimenticio, aguas residuales o lodos industriales de procesamiento de alimentos, mientras que los digestores de tapón tipo plug-flow se utilizan en recursos sólidos.
- Número de etapas: digestión de una o hasta múltiples etapas.

Los residuos idóneos para la digestión anaerobia pueden ser los desechos separados en su fuente de origen provenientes de los hogares, mercados y jardines, además, la codigestión con residuos agrícolas, lodos de plantas de aguas residuales o residuos orgánicos comerciales, pueden aumentar la disponibilidad de sustrato y por consiguiente incrementa la viabilidad económica.

El biogás se puede utilizar de forma directa para generar calor o se puede transformar el calor para generar energía eléctrica, pero para ello será necesario una desulfurización y secado, en la *figura 32* se muestra el proceso de producción de biogás a través de la digestión anaerobia, teniendo como materia prima los residuos orgánicos.



- | | |
|--|--|
| 1 Materia prima | 8 Almacenamiento de gas |
| 2 Recepción y almacenado de residuos | 9 Sistema de limpieza de gas |
| 3 Preparación, procesamiento, clasificación y limpieza de la materia prima | 10 Equipo de Seguridad (dispositivos de alivio de presión, válvulas de seguridad, quemadores etc.) |
| 4 Edificio cerrado para residuos putrefactos | 11 Unidad termoeléctrica |
| 5 Biofiltro para reducir olores y compuestos orgánicos | 12 Almacenamiento del digestato |
| 6 Unidad de saneamiento | 13 Mejora del digestato |
| 7 Digestor | |

Figura 32. Elementos y usos finales de una planta de digestión anaerobia. Fuente: Opciones para el aprovechamiento energético de residuos en la gestión de residuos sólidos urbanos, GIZ, 2017.

La fracción de RSU es mayor en países en vías desarrollo, además de poseer climas más cálidos, en comparación con los países industrializados, por lo que dichas condiciones convierten al proceso de digestión aerobia en una excelente alternativa.

Captura de gas de relleno sanitario

La captura de gas de relleno sanitario representa un elemento parcial para la mitigación de los impactos climáticos, el metano es un gas que se forma por digestión anaerobia de la materia orgánica en los rellenos sanitarios, el cual también es considerado como un tipo de reactor biológico sobredimensionado.

Para mitigar las emisiones de GEI en los rellenos sanitarios, el gas metano debe ser capturado, el Mecanismo de Desarrollo Limpio del protocolo de Kioto ha llevado a cabo

más de 200 proyectos para tal propósito (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2017).

El gas de relleno sanitario está constituido en un 45 a 55% de gas metano, el cual es un combustible idóneo para generar calor o energía eléctrica, el rendimiento del gas de relleno depende principalmente de las siguientes variables:

- Composición de residuos
- La manera en que los residuos se colocan y se compactan (nivel de compactación y altura de los estratos individuales)
- Contenido de agua en el relleno sanitario
- Clima
- Características técnicas de la captura del gas de metano

De acuerdo con un análisis de generación de gas de relleno sanitario en Tailandia, muestra que se produce 1.9 a 5.5 veces más en temporada de lluvia que en temporada de sequía (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2017).

Para la captura de gas metano en los rellenos sanitarios, se insertan tuberías perforadas en el sitio de disposición final, estas tuberías se pueden instalar de forma vertical u horizontal, en seguida, el gas entra por los tubos perforados y se transporta a un sistema de purificación de gas para eliminar el ácido sulfhídrico, posteriormente, el gas se puede usar, lo anterior se muestra en la *figura 33*.

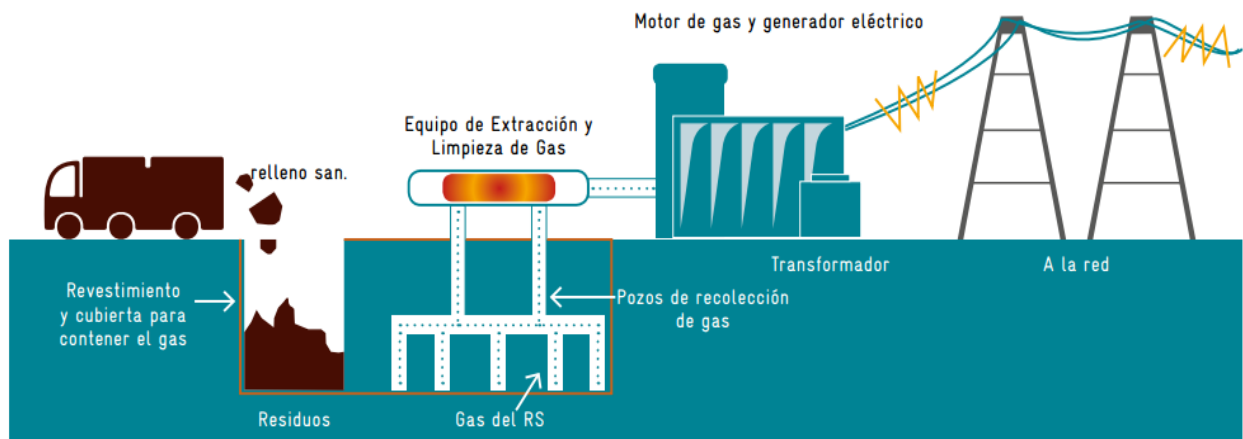


Figura 33. Elementos del sistema de captura de gas de relleno sanitario para la generación de energía eléctrica.
Fuente: GIZ, 2017.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos estima que solo hay un rango de un 60 a 85% de eficiencia de la recolección del gas de relleno, no obstante, en los países en vías de desarrollo apenas se alcanza una eficiencia del 50%, lo anterior a causa de estándares técnicos reducidos y las limitaciones de costos. Al comparar el volumen de gas efectivamente capturado y recolectado con el total de gas emitido de un relleno sanitario durante su ciclo de vida, la eficiencia baja aún más, pues oscila entre un 20 y 30%. En la *figura 34* se presenta un resumen de las tecnologías empleadas para el aprovechamiento energético de los residuos sólidos.



Tecnología de generación eléctrica a partir de biogás de relleno sanitario:

Con el diseño ingenieril de un relleno sanitario se puede almacenar biogás, en el relleno ocurre la descomposición de la basura de manera anaerobia, se genera biogás, el cual es una mezcla constituida principalmente de metano CH_4 y dióxido de carbono CO_2 .



Tecnologías de conversión térmica

Celdas de incineración, reactor de pirólisis/gasificación y reactor de gasificación con arco de plasma.

Figura 34. Aprovechamiento energético de los RSU, Fuente: Zúñiga, 2017

En cualquier proyecto de valorización energética de residuos es necesario realizar una evaluación profesional y minuciosa de viabilidad, los 12 parámetros esenciales que recomienda la Guía del Banco Mundial para los responsables de la toma de decisiones para el desarrollo de un proyecto en aprovechamiento energético con base al contexto local, se mencionan a continuación:

1. Nivel general de gestión de residuos
2. Composición de los residuos
3. Poder calorífico de los RSU para procesos térmicos
4. Cantidad idónea de residuos para el aprovechamiento energético
5. Operación eficiente de instalaciones
6. Tiempo y distancias adicionales de transporte de RSU a las plantas de aprovechamiento
7. Comercialización, disposición y/o eliminación final de los residuos resultantes del proceso
8. Marco legal y requisitos ambientales

9. Financiamiento de la gestión de los RSU
10. Acceso a divisas extranjeras
11. Acceso a los usuarios finales a la energía obtenida de la valorización de los residuos
12. Incentivos para la generación de energía baja en emisiones de carbono

Instrumentos de política pública para estimular la valorización energética de RSU en México

Actualmente México cuenta con instrumentos de política pública para estimular la valorización energética de los RSU, los cuales fueron creados dentro del marco normativo, que han sido poco implementados o sean implementado de forma parcial.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos permite a los municipios el cobro por el manejo de los residuos, a pesar de ello, aún hay municipios que no lo aplican, incluso poseen esquemas informales de pago, por ejemplo, la Ciudad de México no cuenta con un sistema de cobro por el manejo de los residuos que garantice la recuperación de costos, en vez de ello, los habitantes realizan pagos denominados *propinas* por la recolección de sus residuos, asimismo, en municipios como Torreón, Puebla y Mérida se cobran tasas que no alcanzan a cubrir los costos totales de la gestión de los residuos (Alarcón et al, 2017).

Una vez realizada la revisión de los instrumentos existentes en México del estado actual del manejo de RSU, se identificaron las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) que se muestra en la *figura 35*.

Además de lo anterior, es vital identificar las barreras para el desarrollo de proyectos de valorización energética a partir de los RSU, observar la *tabla 10*, esto con el objetivo de realizar las modificaciones pertinentes en la planeación, organización, administrativa y financiera de los sistemas municipales de limpieza.

Tabla 10.

Barreras y estrategias para el desarrollo de proyectos de valorización energética de los RSU.

Principales barreras para el desarrollo de proyectos de valorización energética en México	Estrategias para incentivar la valorización energética a partir de los RSU
La tasa que los municipios cobran a la población por la gestión de los RSU no permite cubrir los gastos reales de operación.	Establecer mecanismos de cobro que permitan recuperar los costos de gestión de los RSU.
La energía generada a partir de los RSU no es competitiva en precios frente a la energía de combustibles fósiles y otras energías limpias.	Asegurar la demanda de energía obtenida a partir de los RSU.
Los ingresos generados por el manejo de RSU, CEL y venta de energía no compensan los costos de la actividad.	Restringir la disposición final en rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto para impulsar la utilización de otras tecnologías.

Nota: Recuperado del Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos en México, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ-México), 2017.

Recomendación 1: Establecer mecanismos de cobro a los usuarios, que permitan recuperar los costos de manejo de RSU.

La facultad de cobro por el manejo de los RSU, está establecida normativamente, pese a lo anterior, se sugiere establecer metodologías de uso obligatorio, donde los estados y municipios puedan determinar los precios de tal manera que les permita recuperar los costos. En la *tabla 11* se muestra la hoja de ruta para la recomendación 1.

Tabla 11.

Hoja de ruta para establecer mecanismos de cobro a los usuarios

Actividad	Alcance	Responsables	Plazo	Valor aproximado USD
Elaborar u estudio costo-beneficio	Adelantar un estudio económico con el objetivo de valorar los beneficios y costos en relación al	SEMARNAT y SENER	4 meses	20,000

	<p>tratamiento de los RSU con fines de valorización energética.</p> <p>Alcance del estudio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valorización de las externalidades negativas del inadecuado manejo de los residuos y su disposición en rellenos y tiraderos a cielo abierto. • Valorización de los costos de energía a partir de los RSU. • Comparación de los costos de externalidades como criterio que permita evaluar desde un punto de vista económico la implementación de este tipo de proyectos. • Identificación de proyectos factibles (potencial de generación energética a partir de RSU). 			
Actualizar la política de gestión integral de los RSU	Con base a los resultados del diagnóstico, se debe actualizar la política de gestión de los RSU, incorporando parámetros que brinden consistencia en la jerarquía del tratamiento de los residuos.	SEMARNAT	12 meses	Personal asignado a la dependencia
Establecer una metodología obligatoria de tarifas para el cobro del manejo de los RSU, por parte de los estados y municipios	Expedir un reglamento en el que se defina la metodología que los estados deben aplicar para establecer las bases para el cobro a los habitantes, además es importante señalar que la aplicación de las nuevas tarifas se realice progresivamente, de manera que no impacte cuantiosamente el ingreso económico en los usuarios.	SEMARNAT	8 meses	45,000

Recaudar el cobro de manejo de residuos a través de la factura de energía	Establecer un reglamento, que permita que en la facturación de la energía eléctrica se incorpore el cobro del servicio público de manejo de los residuos, como mecanismos para mejorar el recaudo del servicio.	SENER	4 meses	15,000
---	---	-------	---------	--------

Nota: Recuperado del Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos en México, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ-México),2017.

Recomendación 2: Asegurar demanda para la energía generada con RSU

Con el propósito de modificar la matriz energética, México adoptó cuotas de energía limpia, por lo que debe tenerse en cuenta que la energía generada a partir de RSU es más costosa que la proveniente de otras energías limpias.

Con base a lo anterior se recomienda una meta particular de introducción de energía generada a partir de RSU, actividad que debe ser desarrollada por SEMARNAT Y SENER, como se muestra en la *tabla 12*.

Tabla 12.

Hoja de ruta para asegurar demanda para la energía generada con RSU

Actividad	Alcance	Responsables	Plazo	Valor aproximado USD
Definir el potencial factible de generación de energía a partir de RSU	Con base a la recomendación 1 y la recomendación 3, es posible realizar una estimación sobre la capacidad de generación que se puede instalar, considerando la disponibilidad de los residuos y sus características.	SEMARNAT y SENER	9 meses	15,000
Elaborar y adoptar una metodología de	En el estudio se deben considerar:	CRE	8 meses	25,000

contraprestación de la energía	<ul style="list-style-type: none"> • Costos de inversión específicos para las tecnologías de aprovechamiento energético. • Costos de operación y mantenimiento. • Rentabilidad asociada a este tipo de proyectos. • Definición de una fórmula que permita calcular el precio de la venta de energía. 			
Definir la meta de generación de energía con RSU como parte del esquema de Certificados de Energía Limpia	Elaborar un estudio jurídico para determinar el mecanismo legal a través del cual se hace el ajuste del mercado de CEL, para introducir la energía a partir de RSU, como parte de la modificación de la matriz energética.	SENER	9 meses	15,000

Nota: Recuperado del Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos en México, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ-México), 2017.

Recomendación 3: Restringir la disposición final en rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto.

Establecer restricciones a la disposición de residuos con alto potencial de ser reciclables en rellenos sanitarios, pese a que la Norma Oficial Mexicana 083, la cual determina las condiciones mínimas que debe cumplir un sitio de disposición final, ya tiene más de una década de vigencia, aún el 18% de los residuos sólidos se disponen de manera inadecuada, las actividades de describen en la *tabla 13*.

Tabla 13.

Hoja de ruta para restringir la disposición final en rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto

Actividad		Alcance	Responsables	Plazo	Valor aproximado
-----------	--	---------	--------------	-------	------------------

					USD
Desarrollar normatividad para la valorización		<p>La reglamentación debe incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definición de los distintos tipos de valorización como métodos biológicos, térmicos, fisicoquímicos y otros. • Definir criterios de eficiencia energética. • Obligaciones de los usuarios sobre la presentación de residuos. • Otros aspectos de orden administrativo como emisión de licencias ambientales, registro y requerimientos. 	SEMARNAT	3 meses	38,000
Realizar un estudio de regionalización		Se recomienda realizar un estudio que permita evaluar el potencial de regionalización de tratamiento de residuos sólidos, esto permitirá aprovechar las economías a escala, los instrumentos de política pública y de regulación.	SEMARNAT	9 meses	15,000
Desarrollar un instrumento económico		Elaboración de un estudio el cual permita el diseño del	SEMARNAT	Una vez que eliminen los	23,000

para desincentivar la disposición final		instrumento, incluyendo las facultades, forma de cobro y destino de recursos		tiraderos a cielo abierto y se mejore la disposición final de los residuos.	
--	--	---	--	--	--

Nota: Recuperado del Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos en México, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ-México), 2017.

En años recientes, México ha avanzado y librado un marco normativo que promueve el uso de las energías limpias, asimismo ha impulsado acciones en cuanto al manejo de RSU, las cuales mitigan los impactos sobre el medio ambiente, pues promueven el reciclaje, compostaje y valoración energética, así como compromisos y metas en la reducción de GEI (Alarcón et al, 2017).

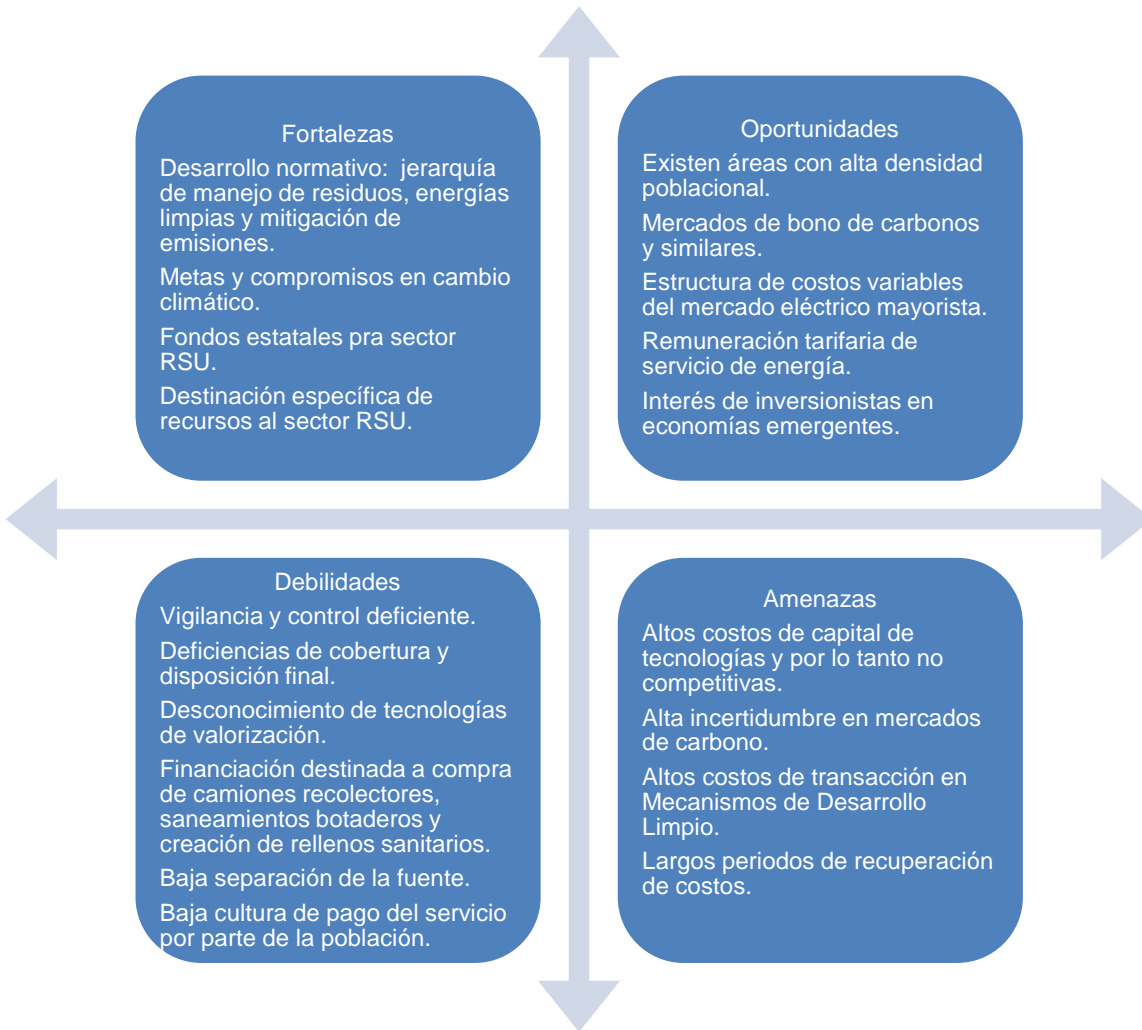


Figura 35. Matriz FODA para la aplicación de instrumentos en México. Fuente: GIZ, 2017.

3.7. Centros de acopio

De acuerdo con la norma ambiental NADF-024-AMBT-2013, los centros de acopio funcionarán como sitios de almacenamiento temporal y acondicionamiento de RSU y de manejo especial separados, resultantes de sus fuentes generadoras u otras, con el propósito de ser procesados o exportados, impulsando, en su caso, cadenas de valor.

3.7.1. Clasificación

De acuerdo con el contrato DGRMIS-DAC-DGFAUT-No. 012/2010 celebrado por SEMARNAT para la elaboración del estudio *Criterios para la ubicación, operación y cierre*

de infraestructura ambiental para el acopio, transferencia, separación y tratamiento de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, propone la siguiente clasificación para los centros de acopio.

- a) Centros de acopio con una superficie de almacenamiento de hasta 100 m²,
- b) Centros de acopio con una superficie de almacenamiento mayor a 100 m² y menor a 1000 m²,
- c) Centros de acopio con una superficie de almacenamiento mayor a 1000 m².

3.7.2. Criterios técnicos para la construcción

En términos generales, los centros de acopio deberán de cumplir con los siguientes parámetros.

- a. Barda perimetral y control de accesos
- b. Área de recepción y despacho de los residuos reciclables.
- c. Área de almacenamiento de residuos reciclables techada, con piso de concreto o asfalto que no permita la infiltración de líquidos al subsuelo o drenaje, la capacidad del área estará en función de la cantidad de residuos recibidos y al tiempo promedio de permanencia en el establecimiento.
- d. Área para el acondicionamiento de los materiales reciclables.
- e. Los centros de acopio con área mayor a 1000 m² deberán contar con áreas de estacionamiento de los vehículos utilizados para el transporte de los residuos reciclables.

Equipamiento

Los centros de acopio deberán contar con los siguientes equipos:

- a) Báscula con capacidad adecuada a la cantidad de residuos recibidos, calibrada por empresas acreditadas por el Centro Nacional de Metrología.
- b) Contenedores o recipientes adecuados para el resguardo de residuos a granel.

- c) Extinguidores o equipos contra incendios.
- d) Los centros de acopios que excedan los 100 m² de área, deberán contar con montacargas o equipos similares para la carga y descarga de los residuos reciclables, además de equipos de compactación para el acondicionamiento y embalaje de los residuos reciclables.

3.7.3. Instalaciones requeridas en el centro de acopio

Los requisitos mínimos que deberán cumplir los centros de acopios, expedidos por la SEDEMA, son los siguientes:

1. Licencia de funcionamiento/ Aviso de apertura/ Registro fiscal.
2. Presentar plano de instalaciones y croquis de localización
3. Presentar los respectivos permisos de suelo.
4. Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal (LAUDF), en donde indique el plan de residuos que maneja.
5. Área de almacenamiento, que deberá de reunir lo siguiente:
 - Muros de colindancia del predio.
 - Pisos sellados que impidan filtraciones al subsuelo.
 - Disposiciones de protección civil.
 - Señalamientos y letreros alusivos en toda el área del tipo de material almacenado.
 - Ventilación e iluminación.
 - Área de almacenamiento, deberá estar acorde a la cantidad de los materiales reciclables a manejar.
6. Queda prohibido acumular o manejar residuos fuera del centro de acopio.
7. No deberán almacenar residuos peligrosos sin la autorización correspondiente.
8. Deberán de cumplir con un programa de control de fauna nociva mensual.

Los centros podrán ser operados por el sector privado o público, para ambos casos se deberá tramitar la autorización por las autoridades competentes, quienes vigilarán el cumplimiento de las normas o lineamientos en la instalación, operación y seguimiento.

3.7.4. Criterios técnicos para la operación

Plan de operación

Los centros de acopio con una superficie de almacenamiento mayor a 100 m² deben elaborar un plan de operación, el cual deberá incluir los siguientes aspectos:

- a) Datos del establecimiento y del propietario o el responsable de la instalación.
- b) Cantidad y tipo de residuos que pretende manejar.
- c) Croquis o plano del establecimiento señalando las superficies destinadas al área administrativa y de servicio, además de las áreas de descarga, recepción, almacenamiento y acondicionamiento de los residuos reciclables.
- d) Flujo de los residuos en el establecimiento, desde su recepción hasta su despacho.
- e) Bitácora de registro de entrada y salida de los residuos reciclables.
- f) Origen y destino de los residuos reciclables.
- g) Capacidad de almacenamiento de residuos en la instalación y tiempo promedio de permanencia en el establecimiento.
- h) Procedimientos para emergencias y protección civil.
- i) Programa para el control de fauna nociva.
- j) Establecer claramente los mecanismos a implementar para el cierre de las instalaciones, mismas que aseguren que no existirán riesgos ambientales.

Operación

Las actividades que se desarrollan en los centros de acopio quedan limitadas a:

- a) Recepción de los residuos reciclables.
- b) Pesaje de los residuos recibidos.
- c) En su caso, pago de los residuos recibidos.
- d) Clasificación manual de los residuos.
- e) Acondicionamiento de los residuos.

- f) Almacenaje de los residuos clasificados.
- g) Venta o entrega de los residuos para su aprovechamiento.

Las actividades que no se desarrollan en los centros de acopio son:

- a) Recibir, acopiar residuos peligrosos señalados en la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005.
- b) Recibir residuos reciclables que superen la capacidad del almacenamiento y almacenarlos en el exterior del centro de acopio.
- c) Recibir RSU o de manejo especial mezclados y realizar actividades de segregación de materiales reciclables.
- d) Llevar a cabo actividades distintas a las permitidas, que constituyan un riesgo para el ambiente o el entorno urbano, o que generen problemas a la población.

Los centros de acopio que cuenten con una superficie menor a los 100 m² que no tengan patio de carga interior deberán tomar las acciones necesarias para prevenir afectaciones de tránsito durante la carga y descarga de los residuos reciclables, todos los centros de acopio deberán tener un programa para el control de fauna nociva para insectos o roedores, registrando en bitácora las fechas de fumigación, áreas atendidas o dispositivos utilizados.

3.7.5. Criterios técnicos para el cierre y abandono

El propietario o responsable de la instalación deberá dar aviso del cierre o abandono de la instalación con 30 días de anticipación ante las autoridades competentes, asimismo se retirarán todos los residuos y materiales reciclables y ejecutar las medidas establecidas en el plan de operación de la instalación.

3.8. Disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos

La disposición final es entendida como la acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos, lo anterior con fundamento en la LGPGIR.

Los sitios antes mencionados deben de cumplir con los lineamientos establecidos por las normas oficiales mexicanas y con otros programas de ordenamiento ecológico y desarrollo urbano, es importante mencionar que la disposición final de los desechos debe limitarse a aquellos cuya valorización o tratamiento no sea económicamente viable, tecnológicamente factible y ambientalmente adecuada.

3.8.1. Rellenos sanitarios

El relleno sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, está utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área los más pequeña posible, la cual se cubre con capas de tierra de manera diaria y compactándola para reducir el volumen (Rondón Toro et al, 2016).

Tipos de rellenos sanitarios

De acuerdo con la Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios de la CEPAL, existen tres tipos de rellenos sanitarios: el relleno mecanizado, el semi-mecanizado y el relleno sanitario manual, los cuales se describen en el siguiente apartado.

Relleno sanitario mecanizado: Es aquel que está diseñado para grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias, esto obliga a poseer características ingenieriles complejas, que va más allá de manejar equipo pesado, lo anterior está relacionado con la cantidad, el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y ejecución del relleno, asimismo es importante llevar el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y gastos de operación y mantenimiento.

Este tipo de relleno requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, además de equipo especializado para el movimiento de tierra, tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, etc. Observar *figura 36*.

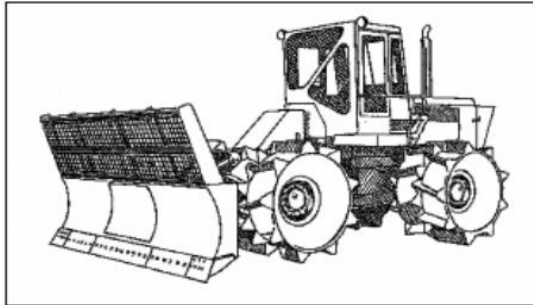


Figura 36. Equipo pesado, Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1996.

Relleno sanitario semi-mecanizado: Para este tipo de rellenos es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual con el propósito de compactar de manera adecuada la basura y dar mayor vida útil al relleno, para estos casos el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno, como se muestra en la *figura 37*.

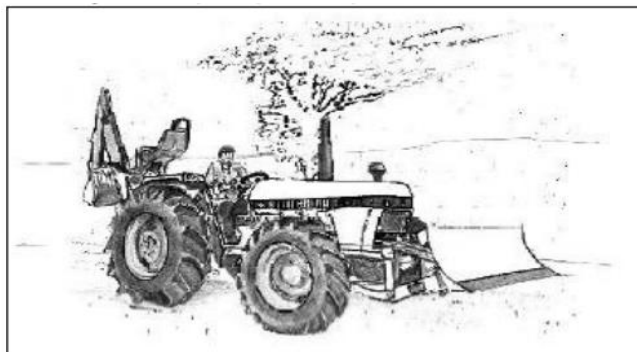


Figura 37. Tractor agrícola adaptado para las operaciones de relleno sanitario, fuente: Jaramillo, 2002.

Relleno sanitario manual: Este tipo de rellenos es para poblaciones que producen menos de 15 t/día, en término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento puede realizarse con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

En México los rellenos sanitarios han sido la solución para la disposición final de los RSU, los cuales deben de contar con especificaciones ingenieriles particulares y métodos que permitan el control de la fuga de lixiviados y el manejo adecuado de biogases generados (SEMARNAT, 2013).

En 2012, SEMARNAT informó que existían 260 rellenos sanitarios, de los cuales entre 40 y 50 de ellos más o menos apegados a la normatividad, es necesario que estos con programas de control y aprovechamiento de biogás, que implementen sistemas de recirculación y se prohíba las lagunas de lixiviados, para ello será necesario obligar a los gobiernos locales a separar sus desechos (Agencia Reforma, 2019).

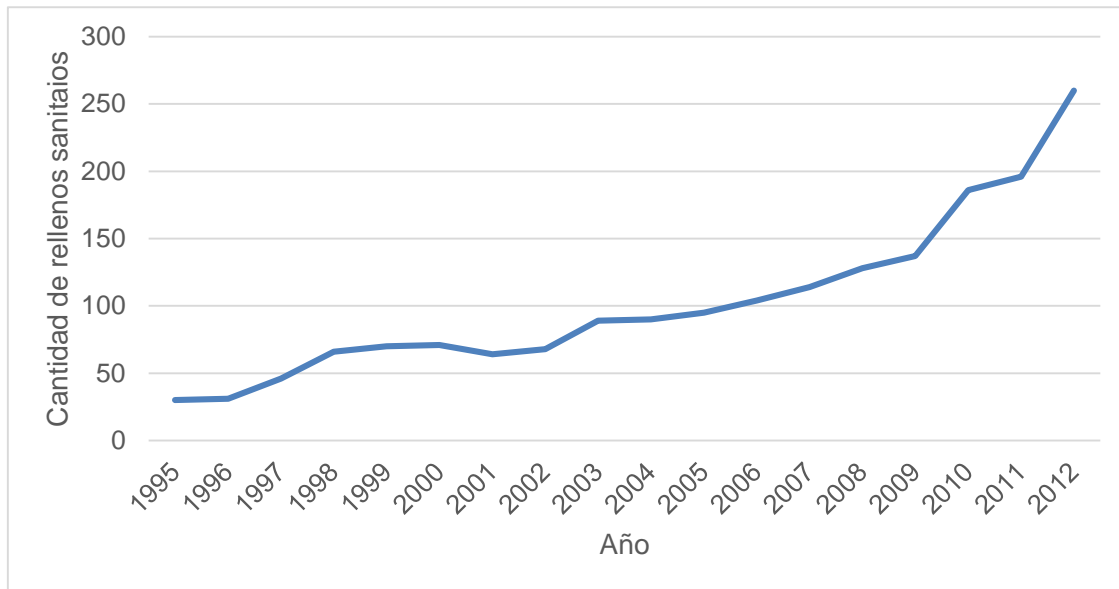


Figura 38. Cantidad de rellenos sanitarios en México 1995- 2012, Fuente: SEMARNAT, Datos abiertos.

Como se puede observar en la *figura 38*, entre los años de 1995 a 2012 el número de rellenos sanitarios aumentaron de 30 a 260, de acuerdo con los datos reportados por la SEMARNAT, la capacidad estimada de almacenamiento incrementó de 5.95 millones a 27.98 millones de toneladas.

Capítulo IV. Caracterización de la zona de estudio

En el siguiente capítulo se describe de manera general las características de la zona de estudio donde se implementará el Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.

4.1. Localización

Lugar de implementación: Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Plantel San Lorenzo Tezonco, calle Prolongación San Isidro No. 151, Colonia San Lorenzo Tezonco, Alcaldía Iztapalapa, Ciudad de México, C.P. 09790.

La alcaldía de Iztapalapa se ubica en la parte oriente de la Ciudad de México, con las siguientes coordenadas externas como referencias geográficas: al norte 19° 24'; al sur 19° 17' de latitud norte, al este 98° 58', al oeste 99° 08' de longitud oeste, en las partes de planicie tiene una altitud de 2,240 msnm, siendo superada tan sólo por la Sierra de Santa Catarina, el Cerro de la Estrella y el Peñón del Marqués, los cuales llegan a alcanzar una altitud máxima de 2,820 msnm.

4.2. Climatología

El 87% del territorio de la Ciudad de México tiene un clima templado subhúmedo, el 7% tiene un clima seco y semiseco y el resto tiene un clima templado húmedo, la temperatura media anual es del 16 °C, la temperatura más alta (mayor a 25 °C) se presenta en los meses de marzo y mayo y la temperatura más baja es en el mes de enero (menor de 5 °C), la precipitación anual es variable, en la región seca es de 600 mm y en la parte templada húmeda es de 1200 mm anuales (INEGI, 2020).

El clima en la alcaldía de Iztapalapa es templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual varía de 12 y 18 °C, la precipitación total anual oscila entre 1000 a 600 mm (SEDESOL, 2011).

4.3. Fisiografía

La alcaldía de Iztapalapa se ubica al oriente de la cuenca de México en la provincia fisiográfica *faja volcánica mexicana*, dicho lugar se encuentra conformado por grandes sierras volcánicas, coladas de lava, conos dispersos, depósitos de arena y cenizas dispersas entre extensas llanuras, las montañas que rodean la cuenca alcanzan altitudes que sobre pasan los 5,000 msnm y están formadas principalmente por riolitas, dacitas, andesitas y traquitas comúnmente cubiertas por basaltos, los valles que originalmente eran cuencas lacustres profundas, se encuentran rellenos con materiales fluviales y lacustres derivados de las montañas, además de grandes cantidades de cenizas, esto debido a las actividades volcánicas recientes (SEDESOL, 2011).

La fisiografía de dicha alcaldía está conformada principalmente por un valle y algunas montañas aisladas, el relieve en su mayor parte, proporciona superficies planas idóneas para el desarrollo de asentamientos humanos. Los materiales que constituyen el suelo son principalmente productos volcánicos como lavas, tobas y cenizas, cubriendo a estos materiales se encuentran las arcillas y arenas finas que son resultado de la sedimentación de antiguos lagos.

4.4. Hidrología

Iztapalapa fue una región con grandes extensiones de agua, esto a causa de su colindancia con el lago de Texcoco, en sus inicios, esta demarcación era atravesada por el Río Churubusco y el Canal Nacional, donde se recolectaban las aguas de los canales de Chalco, Tezontle, Del Moral y el de Garay para desembocar en el canal del Desagüe, pese a lo anterior, actualmente no se tiene depósitos naturales de agua debido al crecimiento urbano que ha tenido la alcaldía (SEDESOL, 2011).

En cuanto a la escorrentía natural que desciende de los cerros, no tiene aprovechamiento y al llegar a la parte baja es canalizada y termina en los canales de Chalco y Nacional, los cuales se encuentran en los límites de las alcaldías de Xochimilco y Coyoacán. Por

otra parte, la escorrentía superficial que se genera por la precipitación en las construcciones y calles, frecuentemente terminan ocasionando inundaciones.

4.5. Fauna

En la parte sur de los canales de las chinampas, se encuentran anfibios como es el caso de la rana Moctezuma y la rana halecina, así como los sapos *Scaphiopus multiplicatus*, los cuales abundan en épocas de lluvia, así también, en las laderas del Cerro de la Estrella el cultivo de maguey propicia un adecuado lugar para el gusano colorado (Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, 2020).

4.6. Flora

La vegetación y el uso del suelo en la alcaldía de Iztapalapa están en estrecha relación a los pisos altitudinales, en las partes bajas, donde los suelos son salinos y las áreas inundables, su forestación artificial, se basa en gran parte por una vegetación arbórea como el pirul, eucalipto, casuarina, el trueno, entre otras, estas fueron introducidas por programas de reforestación en el Cerro de la Estrella, en cuanto a las altitudes medias, la vegetación es herbácea del tipo de las gramíneas, leguminosas, cactáceas, liliáceas y compuestas, además de arbóreas como el pirul, eucalipto, casuarina, cedro y huizache (SEDESOL, 2011).

4.7. Zonificación del caso de estudio

“La zonificación vista como una herramienta metodológica permite la diferenciación espacial de áreas geográficas” (López Rodríguez , Sierra Corea, & Lozano Rivera, 2012), además facilitar la planificación territorial, la aplicación de esta herramienta consiste en la definición de unidades homogéneas, las cuales se constituyen a partir de diferentes criterios: características físicas, bióticas, interacciones socioeconómicas, etc.

Para llevar a cabo el muestreo de los RSU generados en el plantel SLT se realizó la zonificación del plantel de la siguiente manera:

Zonas

- Aulas: Edificio A, planta baja, piso 1,2,3 y 4.
- Comedor: Edificio B, planta baja.
- Cubículos de profesores-investigadores: Edificio E

Edificio A: se eligió el edificio A, debido a su mayor afluencia de alumnos en comparación con los edificios B y C, en la planta baja se ubican dos autoaccesos (salas de cómputo), oficinas administrativas (registro escolar y certificación), aula de idiomas y laboratorios de cómputo, en los pisos 1, 2 y 3 se encuentran principalmente aulas asignadas para las clases y algunos audiovisuales, en el piso 4 se ubican los laboratorios de física y de ciencias biológicas.

Comedor: se tomó la decisión de elegir este espacio para obtener datos que permitan el análisis de los residuos orgánicos y su aprovechamiento energético (bioenergéticos), el comedor brinda a la comunidad universitaria dos tipos de menús en diferentes horarios, de 10:00 a 11:30 se ofrece el desayuno, de 2:30 a 4:00 se ofrece la comida, los horarios suelen variar, depende de la cantidad de boletos ofertados.

Cubículos de profesores: el edificio E, planta baja, piso 1 y 2 el cual alberga los cubículos de profesores, se eligió debido a que el personal de limpieza de dicha área mostró interés en apoyarla realización del muestreo, lo cual facilitó la recolección de los residuos.

Las zonas representan los espacios más frecuentados por la comunidad universitaria, en todas ellas se labora de lunes a viernes, las aulas y los cubículos de profesores inician actividades a las 7:00 h y finalizan a las 22:00 generalmente, el horario de comedor la jornada empieza a las 7:00h el horario de salida varía comúnmente, las oficinas administrativas inician labores a las 10:00 h y finalizan a las 18:00 h.

4.8. Muestreo

Con referencia a la norma mexicana NMX-AA-15-1985 realizó el “Método del cuarteo” para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio.

El material utilizado

- ✓ Báscula
- ✓ Bolsas de plástico
- ✓ Pala
- ✓ Guantes
- ✓ Papelería y varios (cédula de informe de campo, marcadores, ligas, etc.)

Para llevar a cabo el registro de los datos se realizó el siguiente formato, observar la *tabla 14*.

Tabla 14.

Formato para el registro de datos, elaboración propia a partir de la NADF-024-AMBT-2013

Formulario para la identificación de los residuos sólidos del plantel San Lorenzo Tezonco de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México		
Muestreo número:		
Zonificación:		
Fecha de inicio de recolección:	Fecha de término de recolección:	Horario de recolección:
Nombre de las personas que recolectaron:		
Fecha de realización del muestreo:	Horario de realización del muestreo:	

Nombre de las personas que realizaron el muestreo:			
Material empleado:			
Cantidad total de residuos (kg):			
Cantidad de residuos por día (kg):			
Lunes:		jueves:	
Martes:		viernes:	
Miércoles:			
Clasificación de los residuos después del cuarteo			
Orgánicos (g):	Orgánicos, residuos de jardinería (kg):	Orgánicos, residuos de alimentos (kg):	Inorgánicos de aprovechamiento limitado (IAL) (kg):
Manejo especial (kg):	Peligrosos (kg):	Papel (kg):	Cartón (kg):
*Plástico (PET) (kg):	Vidrio (kg):	Metales (kg):	Ropa y textiles (kg):
Madera (kg):	Envases multicapas (kg):	*Unicel (kg):	*Tapitas de plástico (kg):
Plástico (kg):	Observaciones:		

Es importante mencionar que se subdividió la categoría de plásticos en tapitas de plástico y PET, dado que son productos de interés en cuestiones de estudio de mercado, al igual que se subdividió la clasificación de inorgánicos de difícil aprovechamiento limitado para obtener la cantidad en kilogramos de la generación de unicel, lo anterior con el propósito de realizar campañas de concientización que permitan la disminución del consumo de

unicel en el plantel o en su caso, evaluar la creación de espacios estratégicos para su recolección y reciclaje.

A continuación, en la *tabla 15*, se muestra calendario de realización de muestreo.

Tabla 15.
Calendario de realización de muestreo

Zona	Inicio de recolección de residuos	Termino de recolección de residuos	Realización del muestreo
Aulas	14 de octubre	18 de octubre	19 de octubre
Comedor	21 de octubre	25 de octubre	26 de octubre
Cubículos de profesores	4 de noviembre	8 de noviembre	9 de noviembre

El lugar proporcionado para almacenar de manera temporal los residuos recolectados durante cinco días, fue la plancha de concreto ubicada en el jardín de profesores, frente al edificio C, dicho lugar fue acondicionado con una carpa para evitar, en lo posible, que los desechos se mojaran, además se facilitó el uso de un contenedor donde resguardar los residuos, esto para evitar que la fauna nociva dañara la muestra, pero los residuos que se recolectaron rebasaron la capacidad del contenedor, el lugar se muestra en la *figura 39*.



Figura 39. Almacenamiento temporal de los residuos para la realización del muestreo.

El personal de limpieza recolectó los residuos en bolsas de plástico y colocó en ellas los siguientes datos:

- Nombre de la persona que recolectó
- Lugar (aula, sanitario, audiovisual, oficina)
- Día de recolección

Antes de realizar el muestreo se separó las bolsas por día (lunes, martes, miércoles, jueves y viernes) y se pesaron, de esta forma se logró determinar la generación de residuos por día.

1. Aulas

Durante la semana del 14 al 18 de octubre de 2019, se llevó a cabo la recolección de los residuos generados en el edificio A (planta baja, pisos 1,2,3 y 4), esto con la colaboración del personal de limpieza, el 19 de octubre se realizó el muestreo conforme a la normatividad, en la *figura 40* se muestran las fotografías tomadas durante la realización del muestreo.



Figura 40. Secuencia del muestreo realizado en aulas, elaboración propia.

Los datos obtenidos al finalizar el muestro se observan en la *tabla 16*.

Tabla 16.

Resultados del muestreo en aulas

Formulario para la identificación de los residuos sólidos del plantel San Lorenzo Tezonco de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México		
Muestreo número: 1		
Zonificación: Edificio A (Planta baja, piso 1, 2,3 y 4)		
Fecha de inicio de recolección: 14 de octubre de 2019	Fecha de término de recolección: 18 de octubre de 2019	Horario de recolección: 7:00-14:00
Nombre de las personas que recolectaron: Se escribieron los nombres en las bolsas, pero debido a que se almacenaron en la intemperie, muchos de ellos no eran legibles.		

Fecha de realización del muestreo: 19 de octubre de 2019		Horario de realización del muestreo: 8:00-13:00	
Nombre de las personas que realizaron el muestreo: Ma. Claudia Roldán Ahumada, Lucero Fuentes Ayala, Vicente Nava Cerrillo, Josué Méndez González, Enrique Arizmendi Bobadilla			
Material empleado: 2 palas 1 rastrillo 1 Bascula Truper con capacidad para 100 kg Cinta maskit Plumón Formulario Bolígrafo Varias bolsas de plástico Guantes de látex Cubre bocas Contenedores			
Cantidad total de residuos (kg): 111.650			
Cantidad de residuos por día (kg): Lunes: 24.250 Martes: 20.100 Miércoles: 20.700 Jueves: 26.100 Viernes: 20.500			
Clasificación de los residuos después del cuarteo			
Tamaño de la muestra: 35.15			
Orgánicos (g): 3.0	Orgánicos, residuos de jardinería (kg):	Orgánicos, residuos de alimentos (kg): 3.0	Inorgánicos de aprovechamiento limitado (IAL) (kg): 16
Manejo especial (kg): 3 lámparas, 1 perfume y un vaso de tinta	Peligrosos (kg): 15pz de jeringas y 3 pz de muestras de sangre.	Papel (kg): 1.0	Cartón (kg): 2.0
*Plástico (PET) (kg): 1.2	Vidrio (kg): 3.8	Metales (kg): 0.1	Ropa y textiles (kg): 0

Madera (kg): 0	Envases multicapas (kg): 2.5	*Unicel (kg): 1.5	Tapitas de plástico (kg): 0.05
Plástico (kg): 4.0	Observaciones: Se encontró órganos de un animal dentro de una bolsa hermética, además de jeringas sin tapón, lo cual representó un peligro para quienes recolectaron los residuos y para quienes realizaron el muestreo. Los residuos sanitarios sumaron un total de 29 kg.		

Las condiciones climáticas permitieron realizar el muestreo, temperatura promedio al iniciar el muestreo fue de 7°C y la temperatura promedio al finalizar fue de 18°C, con cielo despejado, de acuerdo a la información proporcionada de una aplicación móvil.⁶

En la *figura 41* se muestra una serie de fotografías tomadas en el primer muestreo.



Figura 41. Fotografías de primer muestreo.

2. Comedor

⁶ Google Inc. Weather by Wundergroup, versión 10.94.12.21.arm.

En la semana del 21 al 25 de octubre se recolectó los residuos que se generaron en comedor, esto fue posible gracias al apoyo del personal de limpieza.

Los datos obtenidos al finalizar el muestro se observan en la *tabla 17*.

Tabla 17.

Resultados del muestreo en comedor

Formulario para la identificación de los residuos sólidos del plantel San Lorenzo Tezonco de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México		
Muestreo número: 2		
Zonificación: Comedor		
Fecha de inicio de recolección: 21 de octubre de 2019	Fecha de término de recolección: 25 de octubre de 2019	Horario de recolección: 7:00-14:00
Nombre de las personas que recolectaron: Se escribieron los nombres en las bolsas, pero debido a que se almacenaron en la intemperie, muchos de ellos no eran legibles.		
Fecha de realización del muestreo: 26 de octubre de 2019	Horario de realización del muestreo: 8:00-11:00	
Nombre de las personas que realizaron el muestreo: Lucero Fuentes Ayala, Vicente Nava Cerrillo, Josué Méndez González		
Material empleado: 2 palas 1 rastrillo 1 Bascula Truper con capacidad para 100 kg Cinta maskit Plumón Formulario Boligrafo Varias bolsas de plástico Guantes de látex Cubre bocas Contenedores		

Cantidad total de residuos (kg):			
Cantidad de residuos por día (kg):			
Lunes: 25.5		Jueves: 25	
Martes: 22		Viernes: 108	
Miércoles: 19.2			
Clasificación de los residuos después del cuarteo			
Tamaño de la muestra: 35.15			
Orgánicos (kg): 50.5	Orgánicos, residuos de jardinería (kg):	Orgánicos, residuos de alimentos (kg): 50.5	Inorgánicos de aprovechamiento limitado (IAL) (kg): 3
Manejo especial (kg): 0	Peligrosos (kg): 0	Papel (kg): 3	Cartón (kg): 5
Plástico (PET) (kg): 0.5	Vidrio (kg): 2	Metales (kg): 3	Ropa y textiles (kg): 0
Madera (kg): 0	Envases multicapas (kg): 0.05	Unicel (kg)): 0.05	Tapitas de plástico (kg): 0
Plástico (kg): 2	Observaciones: Se encontró un tenedor y un cuchillo		

Las condiciones meteorológicas permitieron realizar el muestreo, cielo despejado, temperatura promedio al inicio del muestreo 6°C y la temperatura promedio al termino fue de 18°C, de acuerdo a la información proporcionada de una aplicación móvil⁷

En la *figura 42*, se observa algunas fotografías tomadas durante la realización del muestreo en comedor.

⁷ Google Inc. Weather by Wundergroup, versión 10.94.12.21.arm.

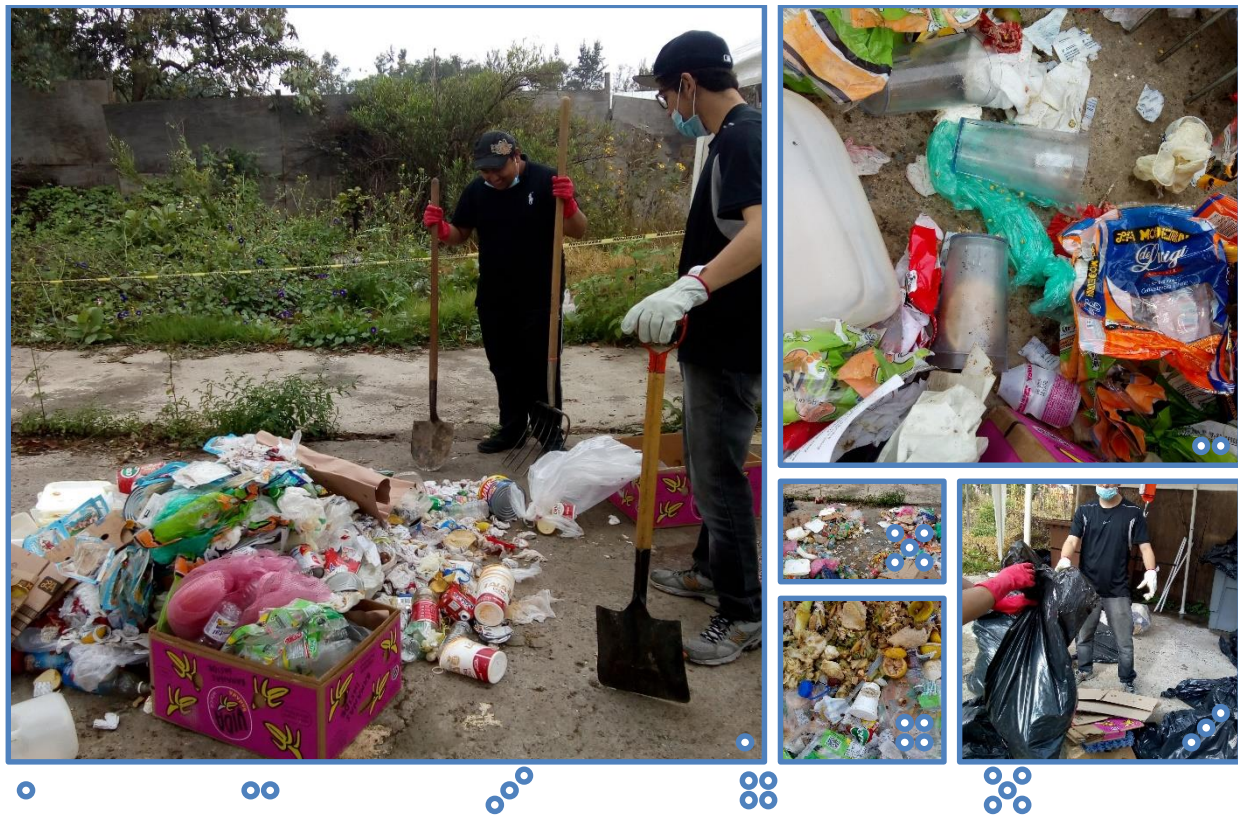


Figura 42. Galería de fotografías del segundo muestreo.

3. Cubículos de profesores

El tercer y último muestreo tuvo lugar del 4 al 9 de noviembre de 2019, con la ayuda del personal de limpieza se logró llevar a cabo la recolección de manera eficiente.

En la tabla 18 se muestran los resultados.

Tabla 18.

Resultados del muestreo en cubículos de profesores E

Formulario para la identificación de los residuos sólidos del plantel San Lorenzo Tezonco de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México
Muestreo número: 3
Zonificación: Cubículos de profesores E

Fecha de inicio de recolección: 4 de noviembre de 2019	Fecha de término de recolección: 8 de noviembre de 2019	Horario de recolección: 7:00-14:00	
Nombre de las personas que recolectaron: Isaura, Rosita, Ana Ileymi, pilar Espinoza, Miriam Meza, María Arias, Irma Sánchez, Ma. Teresa Amador y Norma Linares.			
Fecha de realización del muestreo: 9 de noviembre de 2019		Horario de realización del muestreo: 8:00-11:00	
Nombre de las personas que realizaron el muestreo: Lucero Fuentes Ayala, Vicente Nava Cerrillo, Josué Méndez González			
Material empleado: 2 palas 1 rastrillo 1 Bascula Truper con capacidad para 100 kg Cinta maskit Plumón Formulario Boligrafo Varias bolsas de plástico Guantes de látex Cubre bocas Contenedores			
Cantidad total de residuos (kg): 54.5			
Cantidad de residuos por día (kg): Lunes: 12.5 Martes: 14 Miércoles: 12 Jueves: 12 Viernes: 6.5			
Clasificación de los residuos después del cuarteo			
Tamaño de la muestra: 57			
Orgánicos (g): 1.5	Orgánicos, residuos de jardinería (kg):	Orgánicos, residuos de alimentos (kg): 1.5	Inorgánicos de aprovechamiento limitado (IAL) (kg): 3.5

Manejo especial (kg): 0	Peligrosos (kg): 0	Papel (kg): 4	Cartón (kg): 0.2
Plástico (PET) (kg): 1	Vidrio (kg): 0.2	Metales (kg): 0.1	Ropa y textiles (kg): 0
Madera (kg): 0	Envases multicapas (kg): 1.5	Unicel (kg): 0.5	Tapitas de plástico (kg): 0
Plástico (kg): 1.5	Observaciones: Los residuos de papel sanitario sumaron 20.5 kg, no contamos con las palas debido a que se resguardaron en el almacén y no había quién pudiera abrir dicho espacio.		

Al inicio del muestreo se tenía un cielo despejado con una temperatura promedio de 6°C, posteriormente se nubló y se presentaron chubascos durante aproximadamente 30 minutos, por lo que algunos residuos se humedecieron, al finalizar, la temperatura promedio fue de 18°C con cielo parcialmente despejado, lo anterior de acuerdo a la información proporcionada de una aplicación móvil.⁸

Es importante mencionar que se tuvieron algunos inconvenientes durante el tercer muestreo, los cuales fueron los siguientes, no se contó con palas debido a que se resguardaron en el almacén y no había quién pudiera abrir dicho espacio, se retiró la carpa que nos habían proporcionado para el almacenamiento de los residuos y la báscula empleada durante los dos muestreos anteriores también se encontraba resguardada en el almacén, por lo que se utilizaron algunas ramas de árbol para llevar a cabo el cuarteo y barrido, la báscula fue proporcionada por un compañero comerciante, la cual fue sujeta de la rama un árbol y lograr obtener la masa de los residuos, en la *figura 43* se muestran las fotografías durante del tercer muestreo.

⁸ Google Inc. Weather by Wundergroup, versión 10.94.12.21.arm.



Figura 43. Fotografías del tercer muestreo.

4.9. Descripción de los datos

En el siguiente apartado se describen los datos obtenidos de los tres muestreos realizados.

4.9.1. Generación por día

En aulas, el total de residuos recolectados del 14 al 18 de octubre de 2019 fue de 111.65 kg, en la *figura 44*, se observa la generación de residuos sólidos en el plantel por día, el martes se obtuvo la menor producción de residuos, mientras que el día jueves se generó la mayor cantidad de residuos con 26.10 kg.

Con los datos anteriores se calculó la cantidad promedio por día, la cual corresponde a 22.33 kg por día.



Figura 44. Generación de RSU al día, muestreo en aulas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

El total de residuos recolectados en el comedor, durante la semana del 21 al 25 de octubre de 2019 fue de 199.20 kg, el día con menor generación de residuos es el miércoles con 19.20 kg, el lunes y el jueves se obtuvo una producción de desechos muy similar como se puede observar en la *figura 45*, mientras que el viernes se generó 108.00 kg de residuos, la cantidad promedio en el segundo muestreo es de 39.84 kg por día.

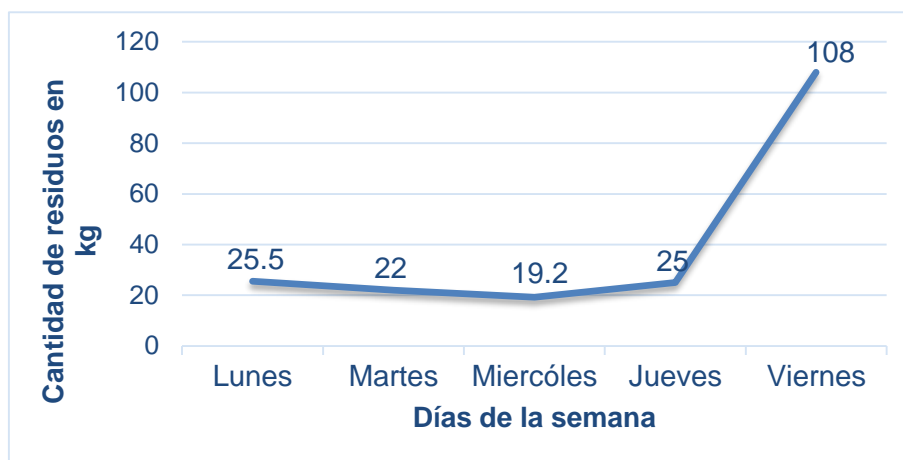


Figura 45. Generación de RSU por día, muestreo en comedor. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos.

La producción de residuos sólidos en los cubículos de profesores durante la semana del 4 al 8 de noviembre de 2019, sumó un total de 57 kg, de los cuales, 14 kg se generaron

el día martes, mientras que el viernes fue el día con menor cantidad de residuos generados, como se muestra en la *figura 46*, la cantidad promedio es de 11.4 kg al día.



Figura 46. Generación de residuos por día, muestreo en cubículos de profesores, edificio E. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos.

Como se muestra en las tres graficas anteriores, los días con mayor generación de residuos fue distinto para los tres casos, particularmente, en el comedor se observó un gran incremento en la generación de residuos pasando de 25 a 108 kg, de acuerdo con lo dicho por los trabajadores, el acrecimiento de residuos se debe principalmente a que el viernes es el día en que se abastece de alimentos y otros insumos al comedor, por lo que aprovechan a limpiar y tener listos algunos de los alimentos para la siguiente semana, como parte de estas actividades se genera gran cantidad de residuos, además es importante recalcar que al ser residuos orgánicos en su mayoría, estos poseen gran cantidad de humedad por lo que su masa es mayor, comparado con la masa de otros residuos como hojas de papel y botellas de PET.

4.9.2. Porcentaje en peso de cada tipo de residuo

Una vez clasificados en subproductos, los residuos fueron pesados y cada valor se colocó en el *formato para el registro de datos*, tabla 14, con estos se logró determinar el porcentaje en peso.

Como se observa en la *figura 47*, la mayor cantidad de residuos generados en aulas son de aprovechamiento limitado, es decir, son aquellos que por sus características y los usos que se les ha dado, pierden o dificultan las posibilidades técnicas y económicas de ser tratados o valorizados, lo anterior con fundamento en la norma ambiental NADF-024-AMBT-2013.

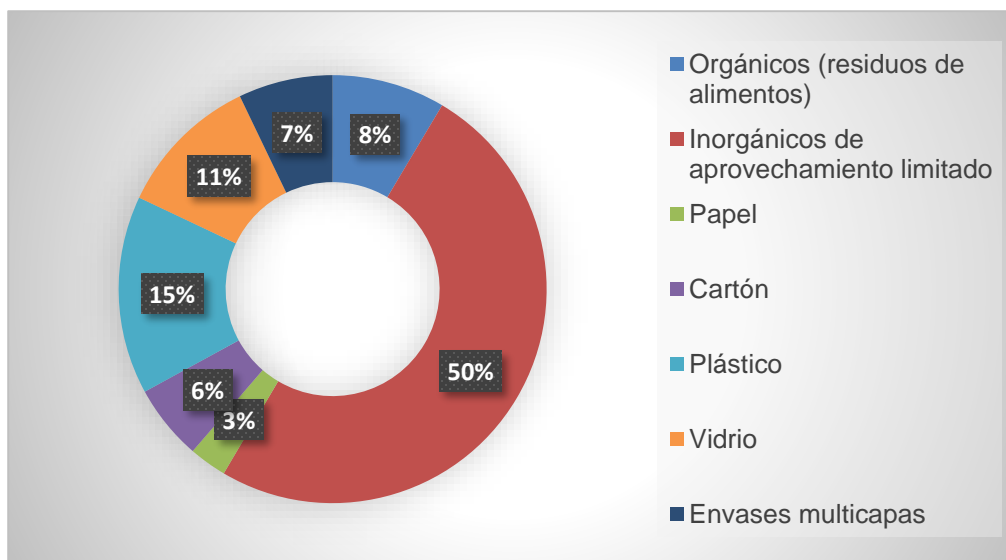


Figura 47. Composición de los residuos sólidos en aulas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.

Del 50% de generación de residuos de aprovechamiento limitado, el 9% es unicel, producto que al ser económico y de fácil acceso en la comercialización de alimentos es un desecho que se genera de manera cotidiana en las instalaciones del plantel.

Por otra parte, el 15% del total de los desechos generados en aulas es plástico, de los cuales el 23% es PET, el cual es uno de los residuos comúnmente comercializados en lugares de reciclaje. En la *figura 48* se muestra la composición de los residuos en el comedor del plantel SLT.

Del total de residuos generados, el 73% son desechos orgánicos, la cantidad de cartón, el papel, plástico y metal es mínima con apenas un 4%, esto debido a que la mayoría de los alimentos que se abastecen carecen de envolturas, además la comercialización de alimentos en comedor se realiza a través de cubiertos y vajilla, la cual se entrega, se lava y se emplea nuevamente, por lo que se evita el consumo de productos de un solo uso.

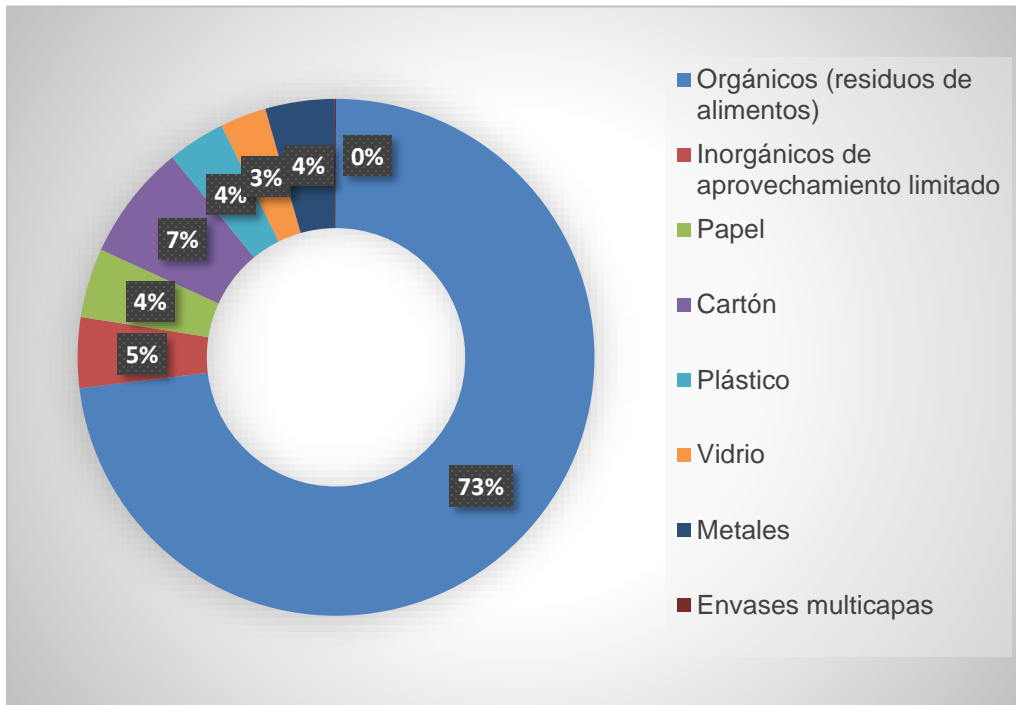


Figura 48. Composición de los residuos sólidos en comedor. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos.

En la *figura 49* se presenta la composición de residuos sólidos en los cubículos de profesores edificio E, como se puede observar, el papel y los residuos inorgánicos de aprovechamiento limitado son los desechos que mayormente se generaron en los cubículos de profesores con un 25% del total, seguido del plástico con 18% y con un 11% los residuos orgánicos y envases multicapas.

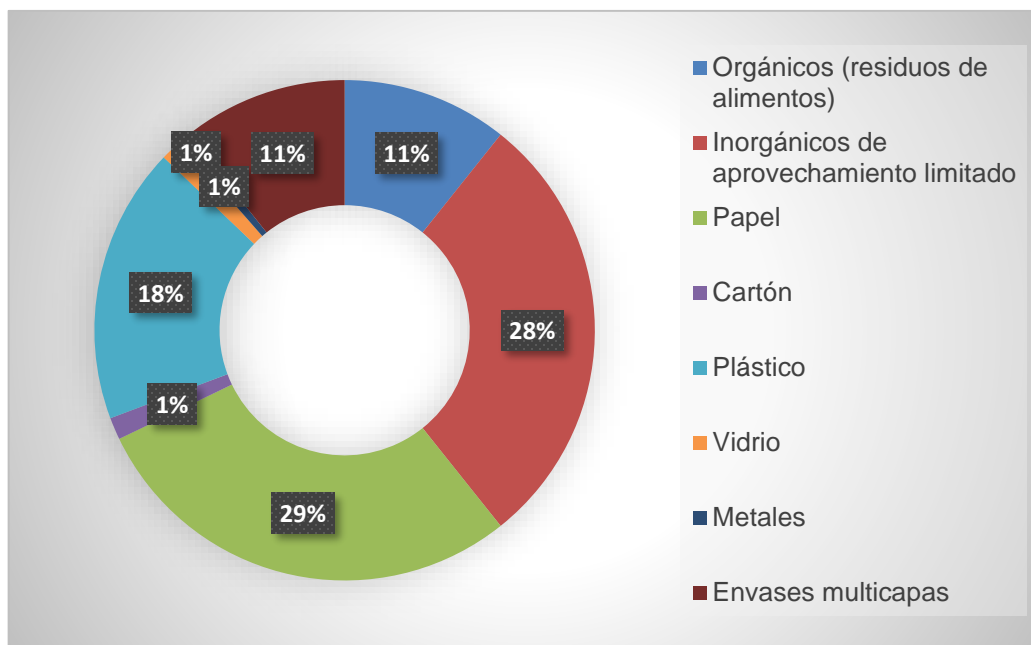


Figura 49. Composición de los residuos sólidos en cubículos de profesores edificio E. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos.

En la tabla 19, se coloca una comparación del porcentaje en peso por tipo de residuos para cada zona del plantel.

Tabla 19.
Resumen de porcentaje en peso

Zona	Porcentaje en peso por tipo de residuos							
	Orgánicos	Inorgánicos de aprovechamiento limitado	Papel	Cartón	Plástico	Vidrio	Envases multicapa	Metales
Aulas	8%	50%	3%	6%	15%	11%	7%	0%
Comedor	73%	5%	4%	7%	4%	3%	0%	4%
Cubículos de profesores	11%	28%	29%	1%	18%	1%	1%	11%

Como se observa, la mayor cantidad de residuos que se generan en el plantel son los inorgánicos de aprovechamiento limitado, seguido de los residuos orgánicos.

4.9.3. Generación per cápita

De acuerdo con los datos proporcionados por el área de servicios estudiantiles, la cantidad promedio de estudiantes al día que asisten a clases en el edificio A en un horario

de 7:00 a 14:00 h es de 1766 y la cantidad promedio de residuos generados es de 22.33 kg al día. Con los datos anteriores se estima que, en aulas, la generación per cápita es de: 0.012 kg/persona/día.

En comedor se vendieron 2149 boletos durante la semana del 21 al 25 de octubre de 2019, en promedio al día se vendieron 430 boletos, la generación promedio de residuos es de 39.84 kg por día, por lo que, en comedor, la generación per cápita es de 0.093 kg/persona/día.

En el edificio E, si suponemos que por cada cubículo hay un profesor, la cantidad de profesores es de 184, de acuerdo al muestreo realizado se generó un promedio de 11.4 kg al día de residuos, por lo que la generación per cápita es de 0.062 kg/profesor/día.

En la tabla 20, se muestra la generación per cápita en aulas, comedor y cubículos de profesores, de las tres zonas, el comedor representa una mayor generación de residuos por persona al día.

Tabla 20.
Generación per cápita en cada zona del plantel

	Aulas	Comedor	Cubículos de profesores
Promedio de residuos generados kg/día	22.33	39.84	11.4
Cantidad de personas	1766	2149	184
Generación per cápita kg/persona/día.	0.012	0.093	0.062

4.10. Resultados

En conformidad con la norma ambiental NADF-024-AMBT-2013, se llevó a cabo el muestreo en las tres principales zonas del plantel: aulas, comedor y cubículos de profesores.

En aulas se recolectó un total de 111.65 kg de residuos, de los cuales el 50% son inorgánicos de aprovechamiento limitado y la generación per cápita es de 0.012 kg/persona/día es importante mencionar que el muestreo se realizó en el edificio A, por lo que, si se considera que el comportamiento de generación de desechos es similar tanto en el edificio B como en el edificio C⁹, la generación de residuos en un periodo de lunes a viernes es de un total de 334.95 kg de residuos en aulas.

Con base a estos datos y en relación a las siguientes dos condiciones:

1. La generación de residuos permanece igual: 334.95 kg a la semana, es decir, 66.99 kg al día.
2. El ciclo escolar cuenta con 185 días hábiles¹⁰.

La estimación de generación anual de residuos en aulas es de 12393.15 kg

En comedor se recolectó un total de 199.20 kg de residuos, donde el 73% del total es residuo orgánico y cuya generación per cápita es de 0.092 kg/usuario/día, con base a estos datos y en relación a las siguientes dos condiciones:

1. La generación de residuos a la semana permanece igual: 199.20 kg, es decir 39.84 kg al día.
2. El ciclo escolar cuenta con 185 días hábiles.

⁹ Lo anterior debido a que los tres edificios tienen una capacidad similar para albergar estudiantes.

¹⁰ De acuerdo con lo publicado por la Secretaría de Educación Pública (SEP) para el ciclo escolar 2018-2019. <https://www.gob.mx.sep/articulos>

La estimación de generación anual de residuos en comedor es de 7370.4 kg

En cubículo de profesores, se recolectó un total de 57 kg de residuos, el 26 % de estos son de inorgánicos de aprovechamiento limitado y la generación per cápita es de 0.062 kg/profesor/día, al igual que en aulas, el muestreo realizado en cubículos solo se llevó a cabo en el edificio E, por lo que si se considera que el comportamiento de generación de residuos es igual que el edificio D, esto debido a que ambos edificios tienen la misma cantidad de cubículos, la producción de desechos de lunes a viernes alcanzaría un total de 114 kg.

Con base a estos datos y a partir de las siguientes dos condiciones:

1. La generación de residuos a la semana permanece igual: 114 kg, es decir 22.8 kg al día.
2. El ciclo escolar cuenta con 185 días hábiles.

La estimación de generación anual de residuos en cubículos de profesores es de 4218 kg.

A partir de las suposiciones antes mencionadas para cada zona del plantel, la generación total de residuos en 185 días hábiles es de 23981.55 kg, cuya composición en gran parte es de residuos inorgánicos de aprovechamiento limitado.

El problema con los residuos de aprovechamiento limitado, es precisamente las escasas alternativas para su valorización, de acuerdo con la norma ambiental NADF-024-AMBT-2013, la posible aplicación para este tipo de residuos es la valorización energética (tratamiento térmico), por lo que es necesario contar con una planta de termovalorización para su aprovechamiento, hoy día los residuos de aprovechamiento limitado son arrojados a los rellenos sanitarios o en tiraderos clandestinos, ocasionando problemas de degradación ambiental.

Capítulo V. Propuesta de Manejo Integral de los RSU

5.1. Programa de educación ambiental

El programa de educación ambiental es un instrumento que permite impulsar la educación para el cuidado del medio ambiente y para un desarrollo sustentable, asimismo promueve la sensibilización y la concientización sobre los problemas socio-ambientales, por lo que se invita a adoptar hábitos y actitudes responsables para la defensa y conservación del entorno natural (Gobierno de canarias, 2020).

“El propósito fundamental de la educación ambiental es la formación de una ciudadanía responsable de los ambientes naturales y sociales donde se desenvuelve” (North American Association for Environmental Education, 2009)

La actual crisis ambiental nos obliga a pensar en modelos sostenibles en lo ambiental, económico, social. La educación ambiental es un elemento fundamental para el desarrollo sostenible, una sociedad sin conciencia, sin propuestas, sin contenidos en temas educativos de nivel básico y superior, no podrán enfrentar los desafíos ambientales, así lo mencionó Ángel Tonatihu Arias, subdirector de cooperación económica de la SEMARNAT.

El Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), es una instancia responsable de formular, organizar, supervisar y evaluar el desarrollo de los programas y proyectos de educación y capacitación para el desarrollo sustentable, dentro de sus objetivos se encuentra la coordinación de procesos de educación, capacitación y comunicación, para la protección del medio ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en México (SEMARNAT, s/f).

De acuerdo con la Guía para elaborar programas de educación ambiental expedida por el CECADESU, los pasos para la realización de un programa se indican en la tabla 21.

Tabla 21.

Diagrama de flujo para elaborar programas

Pasos	Acciones
<p>1. Diagnóstico de necesidades</p> <p>¿Qué requerimientos va a satisfacer el programa?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los temas ambientales atendidos. • Hacer un Inventario de programas. • Buscar sugerencias de la comunidad y los participantes potenciales.
<p>2. Congruencia con políticas y capacidad de la organización</p> <p>¿Cómo apoyará el programa las metas de organización?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Considerar las metas y prioridades de la organización que impulsa el programa. • Definir los recursos y las capacidades de la organización que impulsa el programa.
<p>3. Definición del alcance y la estructura del programa</p> <p>¿Cómo está estructurado el programa y qué se espera lograr?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar los objetivos y metas. • Evaluar su relación con la educación ambiental. • Determinar el formato, las técnicas y las necesidades de la capacitación. • Explotar el potencial para colaborar.
<p>4. Recursos para la puesta en marcha del programa</p> <p>¿Los miembros de la organización están capacitados y preparados para realizar un programa?</p> <p>¿Los materiales, equipos e instalaciones están disponibles?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar necesidades logísticas y de recursos. • Evaluar el perfil del personal y las necesidades de capacitación • Preparar instalaciones, equipos y materiales.
<p>5. Calidad y pertinencia del programa</p> <p>¿Los materiales didácticos han sido revisados y evaluados para</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar materiales con un fuerte argumento pedagógico. • Hacer pruebas de campo con materiales didácticos nuevos.

<p>asegurar el cumplimiento de los objetivos educativos?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Difundir el programa para obtener apoyos financieros e interesados en participar. • Elaborar estrategias de durabilidad.
<p>6. Evaluación</p> <p>¿Se ha planeado e instrumentado una estrategia de evaluación?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elabora estrategias, técnicas y criterios de evaluación. • Instrumentar una evaluación práctica del programa y utilizar los resultados.

Nota: Recuperado de Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal, NAAEE y CECADESU, 2009.

En el primero y segundo seminario sobre universidad y medio ambiente celebrado en 1985, en Bogotá, Colombia, se reflexionó sobre el papel de las universidades en temas medioambientales, actualmente la incorporación de dichos temas se ha intentado cumplir en múltiples maneras, se ha incrementado la oferta de grados y posgrados en materia ambiental, asimismo, existe una injerencia en algunos planes curriculares pero aún no se logra involucrar el tema ambiental como un ejercicio interdisciplinario, las universidades deben ofrecer un espacio de reflexión y crítica-constructiva en donde se desarrolle la capacidad para comprender la complejidad de los problemas, la formación ambiental superior debe ser para todos, independientemente de su profesión, es importante recordar que los futuros profesionistas podrán tomar decisiones responsables, pensando *en, desde y para la vida* (Eschenhagen, 2020).

Para el desarrollo de un programa de educación ambiental se propone la vinculación del plantel con el CECADESU, el cual podría proporcionar herramientas claves para la formación de educadores ambientales, además de brindar la capacitación pertinente para el correcto funcionamiento del Programa de Manejo Integral de RSU en el plantel (MIRSU).

5.2. Proyecto: Tezonco Sustentable

Como se ha explicado en capítulos anteriores, la crisis ambiental en el contexto internacional obliga a tomar las acciones necesarias que fomenten un desarrollo sustentable en todos los niveles y sectores de la sociedad.

El plantel SLT de la UACM, deber ser un agente primordial para la construcción de nuevas formas de pensar y actuar en torno a temas vinculadas al cuidado y conservación del ambiente, lo anterior acorde a la responsabilidad y compromiso que tiene nuestra casa de estudios con la sociedad, lo antes dicho será a través de la integración del concepto de sustentabilidad en funciones sustantivas: educación, investigación y difusión cultural, así como los aspectos estructurales y operativos de sus instalaciones.

A continuación de muestran las estrategias en cada uno de los rubros antes mencionados:

1. Educación: implementar estrategias en donde participen las diversas entidades universitarias, articulando proyectos que permitan dimensionar los impactos de sus acciones para todo el plantel, será necesario la participación de todos y todas: estudiantes, académicos, trabajadores y autoridades.
2. Investigación: las diversas fuentes de conocimiento nos permiten comprender la magnitud y alcance de los problemas ambientales, identificar y valorar el patrimonio sociocultural y natural del país, para elaborar estrategias, acciones y políticas públicas que logren reorientar el desarrollo.
3. Operación: la estrategia de implementar el proyecto *Tezonco Sustentable*, es la respuesta al compromiso social en relación al desarrollo sustentable, lo antes mencionado, busca generar arraigo e identidad entre la comunidad universitaria.

5.2.1. Ejes de acción

Los ejes de acción son los siguientes:

a) Energía

Una sociedad basada exclusivamente en el uso de hidrocarburos contribuye al deterioro de nuestro planeta, el cambio climático es un fenómeno atribuido en gran medida al sector energético, el uso de energías alternas de bajo impacto ambiental es indispensable, tal y como lo determina los objetivos para el desarrollo sustentable.

- Diagnóstico energético
- Programa de mantenimiento
- Cambio de la configuración de la iluminaria (aulas)
- Ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica: instalación de apagadores en todos los espacios universitarios

b) Agua

El desperdicio, la contaminación y la escasez del recurso hídrico son problemas que se deben atender de manera urgente.

- Colaboración, vigilancia e innovación son criterios fundamentales para resolverlos
- Mantenimiento (atención a fugas)
- Cosecha de lluvia
- Tratamiento para potabilizar el agua, para la instalación de bebederos (NOM 129 SSA)

c) Residuos

En la naturaleza, sin acción del hombre, la basura no existe, todo es aprovechado en el sistema, en cambio, el ser humano, produce desechos que si se mezclan se convierten en basura y si se separan pueden ser residuos aprovechables.

- Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU): separación de los desechos de acuerdo con la norma ambiental 024, recolección selectiva, adecuado almacenamiento temporal, centro de acopio.
- Recicladrón
- Manejo de residuos peligrosos
- Trueque ambiental

d) Consumo responsable

Los bienes demandan altos volúmenes de materiales, por lo que se debe cambiar la forma de fabricar, diseñar, comprar y utilizar los productos.

- Criterios para la adquisición de bienes de menor impacto ambiental (SEDEMA)
- Realización de eventos sustentables, evitando el consumo de productos de un solo uso, adquiriendo bienes que cumplan con el criterio de sustentabilidad, publicidad digital, publicidad impresa genérica, insumos locales.

e) Áreas verdes

De acuerdo a un estudio realizado por la Universidad Mayor, Real Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Bolivia, señala que las áreas verdes promueven la creatividad, además de coadyuvar en un mejor rendimiento académico, en la actualidad se están llevando a cabo estudios sobre el impacto de las áreas verdes en el proceso de enseñanza aprendizaje (Gareca & Villarpando, 2017).

- Reforestación de las áreas verdes
- Azoteas verdes y/o muros

f) Comunicación

El objetivo principal de los medios de comunicación masiva es precisamente comunicar, el cual puede especializarse en: informar, educar, opinar, enseñar, etc.

- Voz Tezonco
- Lineamientos de publicidad impresa



Figura 50. Logo oficial del proyecto Tezonco Sustentable. Fuente: Coordinación del plantel SLT 2017-2019

En la *figura 51* se muestra la estructuración del proyecto en relación a sus ejes de acción.

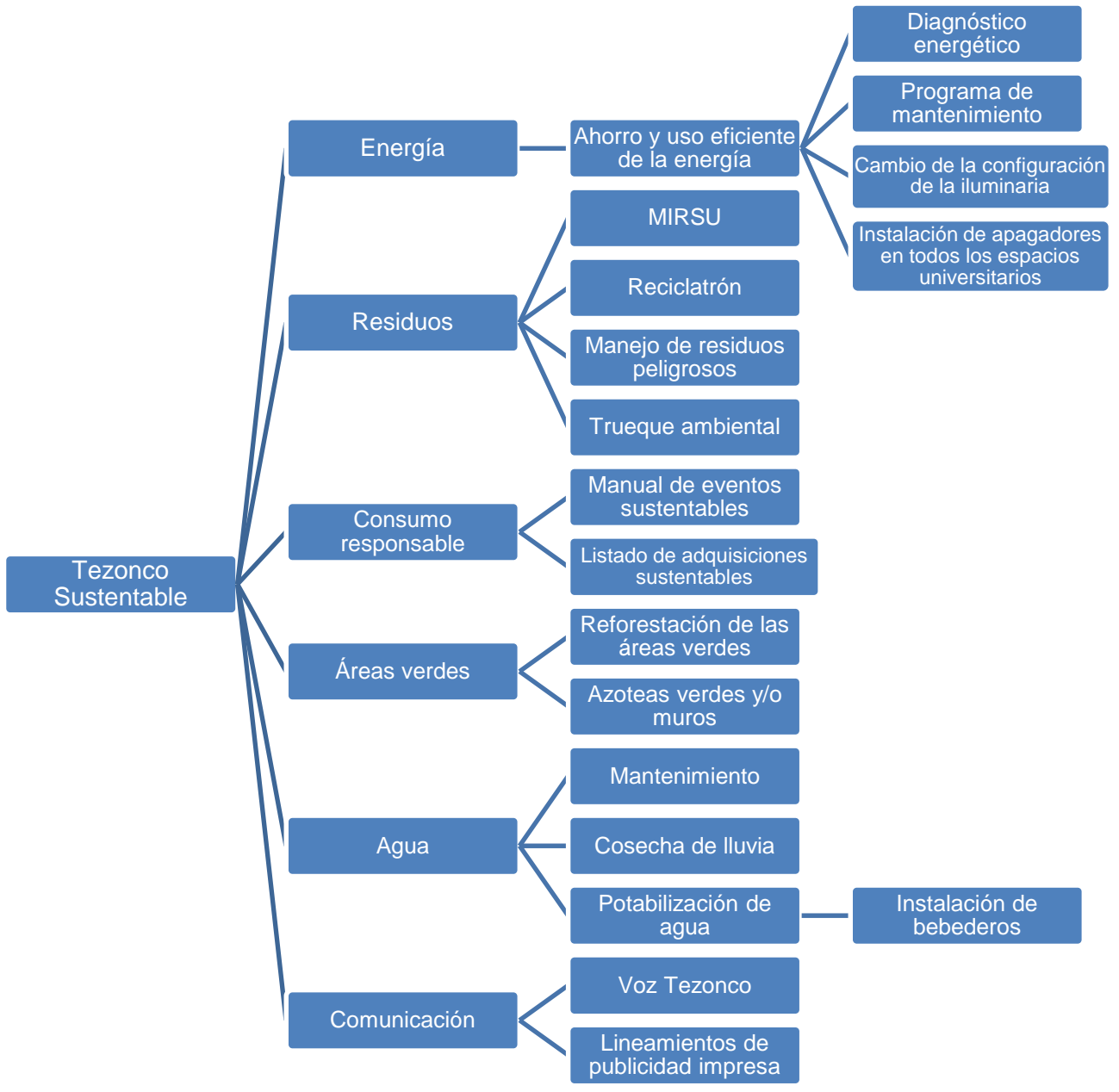


Figura 51. Estructuración del Proyecto Tezonco Sustentable.

5.2.2. Plataforma digital *Tezonco Sustentable UACM*

Con el propósito de informar y compartir los avances en relación al programa de residuos sólidos, así como, otros temas de interés vinculados con el cuidado al ambiente, se creó mediante una plataforma digital¹¹, un sitio web de educación llamado *Tezonco Sustentable UACM*, para el diseño de la misma se utilizó un software de diseño llamado canva¹², en esta plataforma se realizó la portada y las infografías.

El sitio se encuentra vinculado por la página oficial del plantel *Comunidad SLT UACM*, además se creó una cuenta de correo electrónico, con la finalidad de que las personas puedan ponerse en contacto (realizar preguntas, sugerencias o solicitar información adicional).

Datos del sitio <i>Tezonco Sustentable UACM</i>
Ruta: https://www.facebook.com/Tezonco-Sustentable-UACM-105999207528364/?ref=page_internal
Correo electrónico: tezonco.sustentable.uacm@gmail.com
Lugar físico: Plantel San Lorenzo Tezonco de la UACM

En la *figura 52*, se muestra la vista preliminar del sitio web.

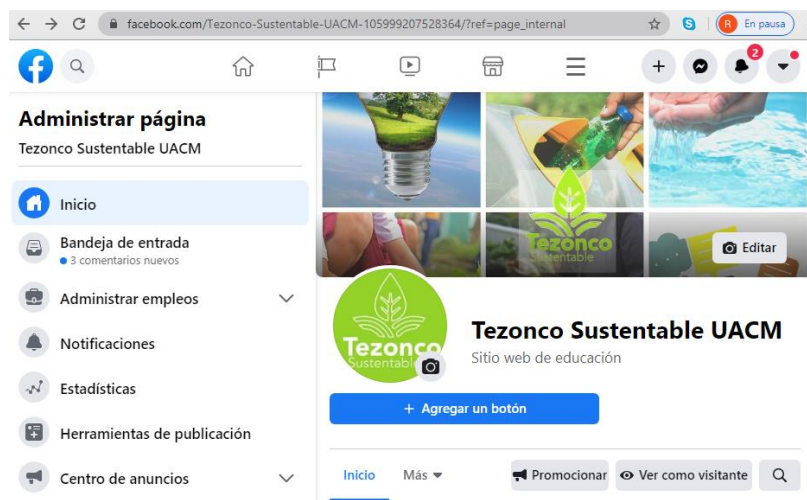


Figura 52. Sitio web Tezonco Sustentable UACM.

¹¹ Facebook, Inc. es una compañía estadounidense que ofrece servicios de redes sociales y medios sociales en línea con sede en Menlo Park, California.

¹² Software y sitio web de herramientas de diseño gráfico simplificado, fundado en 2012.

Desde su creación en noviembre del 2019 hasta la fecha mayo de 2020, se tiene un total de seguidores de 410 personas.

5.2.3. Etapas del MIRSU

El programa comprende las siguientes etapas, cada una con una amplia cantidad de actividades.

1) Primera etapa: Generación

En esta etapa el objetivo es el disminuir la generación de residuos de aprovechamiento limitado a partir de la concientización y educación ambiental, para ello se proponen la realización de un evento académico enfocado a temas ambientales (congreso, simposium, café temático. etc.), además de la creación de campañas que permitan colaborar con el objetivo.

Campañas propuestas:

- Trueque ambiental SLT
- Uacemitas-SLT ¡Adiós al plástico!
- Trashtag Challenge

Otra de las acciones propuestas es la realización de un evento académico que permita integrar a los tres colegios del plantel (Colegio de Ciencias y Humanidades, Colegio de Ciencias Sociales y Humanidades y el Colegio de Ciencia y Tecnología) en actividades relacionadas al medioambientales (ponencias de estudiantes y profesores, panel de discusión, talleres y presentación de avances del MIRSU). En la *figura 53*, se muestra una conferencia realizada por la SEDEMA en las instalaciones del plantel.



Figura 53. Presentación del MIRSU durante el semestre 2019-II.

2) Segunda etapa: Separación

Durante esta etapa se realizará la separación, almacenamiento y recolección de los RSU generados en el plantel, como se muestra en la *figura 54*.

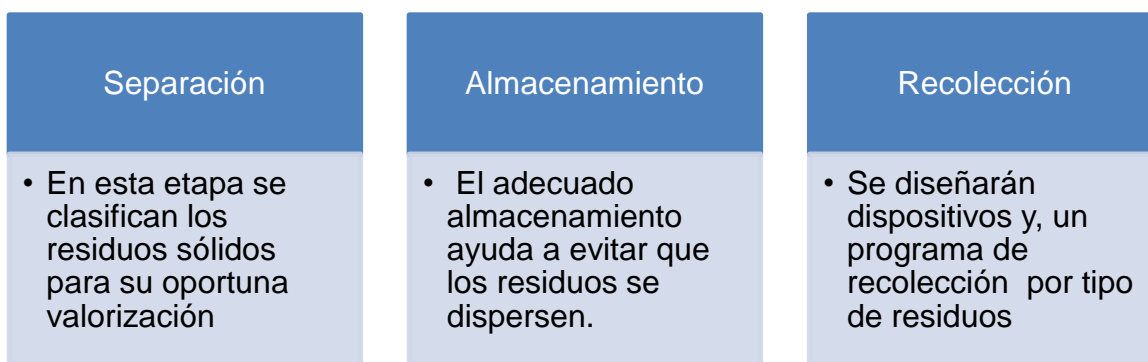


Figura 54. Objetivos de la segunda etapa del MIRSU.

Acciones necesarias para la segunda etapa:

- Reconfiguración de los contenedores para la segregación de los RSU.
- Boceto de pictogramas para los contenedores.
- Diseño de un proceso de recolección por tipo de residuo (por día) o con un recolector (acondicionado con las cinco separaciones) con la clasificación adecuada.

- Planeación el espacio adecuado para su almacenamiento temporal previo a la recolección selectiva del sistema de limpia de la alcaldía y/o la recolección por el centro de acopio (en un futuro inmediato la UACM será la gestora de los residuos de aprovechamiento potencial).

En cuanto a los desechos eléctricos y electrónicos, el plantel es sede del programa estatal *Reciclatrón*.

¿Qué es el Reciclatrón?

Es un programa gratuito de la Ciudad de México que promueve entre la ciudadanía el adecuado manejo, separación y reciclaje de los residuos electrónicos y eléctricos, dichos residuos son acopiados durante las jornadas y son trasladados a la empresa Recupera, la cual separa por tipo de residuo, los desarma y se envían a otras empresas para su reciclaje, durante este proceso se garantiza un tratamiento adecuado que no afecte al ambiente (SEDEMA, 2020). En la *figura 55* se muestra el calendario oficial de reciclatrón 2020.



Figura 55. Cartel del reciclatrón calendario 2020. Fuente: SEDEMA.

Durante el semestre 2019-I, el plantel San Lorenzo Tezonco de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México fue sede del recicladrón, lo anterior fue gestionado por la Dra. Ma. Claudia Roldan Ahumada, profesora del programa de energía.



Figura 56. Plantel San Lorenzo Tezonco como sede el recicladrón durante el semestre 2019-I.

3) Tercera etapa: Valorización

En la última etapa del programa se considera la valorización de los residuos sólidos con alto potencial de aprovechamiento, para lo cual se propone un centro de acopio, la creación de una planta de compostaje y llevar a cabo el estudio de factibilidad para la generación de biocombustibles.

En la tabla 22, se muestra el primer informe de avances del Programa Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos plantel San Lorenzo Tezonco de la Universidad Autónoma de la Ciudad.

Tabla 22.
Primer informe de avances del MIRSU-2019

Fecha	Actividad	Objetivo	Observaciones
-------	-----------	----------	---------------

<p>7 de agosto de 2019 Horario: 13:00-15:30</p>	<p>Capacitación con el personal de intendencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer el nuevo sistema de separación de los residuos sólidos urbanos 	<ul style="list-style-type: none"> • El personal se mostró participativo y colaborador. • Se atendieron dudas y observaciones, las cuales se anotaron en la minuta y se hizo llegar dicha información a la coordinación
<p>13 de septiembre de 2019</p>	<p>Presentación del Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Informar acerca de la implementación y funcionamiento del MIRSU 	<ul style="list-style-type: none"> • Dentro de las actividades que se realizaron durante el 15^{to} aniversario del plantel san Lorenzo Tezonco, se presentó el programa al público en general.
<p>13 de septiembre de 2019</p>	<p>Aplicación de la encuesta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los criterios para la realización de los pictogramas que formarán parte de los nuevos contenedores de separación de residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Durante la presentación del programa se realizó la aplicación de la encuesta.
<p>25 de septiembre de 2019</p>	<p>Segundo Congreso de Estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la generación de residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Particularmente se evita la publicidad impresa y se invita al público

	Energéticos: Evento Sustentable		a traer su taza o termo para disfrutar del café, además se adquirieron productos locales.
4 de octubre de 2019	Poner en marcha el trueque ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar a la comunidad universitaria a separar los residuos con potencial de ser reciclados. • Buscar la autogestión de los residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> • El trueque ambiental consiste en intercambiar algunos residuos reciclables por un cilindro. • Los residuos que se han considerado para intercambio son: PET, latas de bebidas y papel. • Las tapas de plástico serán donadas a una fundación llamada "Banco de tapitas A.C" • A largo plazo se planea la construcción de un centro de acopio y planta de compostaje, renovar la estación de transferencia y adquirir herramientas e insumos que permitan mejorar

			y sostener el programa.
14-18 de octubre de 2019	Recolección de los residuos generados en el edificio A, planta baja, piso 1, 2,3 y 4.	<ul style="list-style-type: none"> • Recolectar, etiquetar y almacenar los residuos generados para durante 5 días. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con la participación del personal de intendencia del edificio A se llevó a cabo la recolección de los residuos, los residuos se colocaron en bolsas de plástico, las cuales se etiquetaron por día y por piso. • Una vez etiquetadas se almacenaron en contenedores con tapa, para resguardarlos de la humedad y de fauna nociva.
19 de octubre de 2019	Realización del muestreo	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los tipos de residuos se generan en el edificio A. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con base en la norma ambiental NMX-AA-15-1985, se llevó a cabo el muestreo de acuerdo al método de cuarteo y se clasificaron subproductos: Papel, cartón, metales, etc.

5.2.5. Estrategias de capacitación

Con el objetivo de tener un correcto funcionamiento del Programa de Manejo Integral de RSU en el plantel (MIRSU), será necesario capacitar a la comunidad universitaria; La capacitación consiste en informar a profesores, administrativos, personal de intendencia y estudiantes sobre la importancia del programa, y las tres etapas del mismo: generación, separación y almacenamiento temporal.

A continuación, se enuncian las propuestas:

- Programar la capacitación de pequeños grupos: será necesario realizar una plática informativa para personal de intendencia y administrativo, con el propósito de dialogar e intercambiar saberes e ideas para el mejoramiento del programa, esto se puede realizar cada dos semestres (cada año).
- Integrar en cada uno de los eventos realizados en el plantel (simposium de ingeniería, festival semilla, chilpayates, congreso de estudiantes de la licenciatura en ingeniería en sistemas energéticos, entre otros) una plática de 20 minutos acerca del funcionamiento del MIRSU.
- Planificar un evento (congreso, coloquio, simposium, etc.) que aborde temas medioambientales, desde distintos enfoques: sociales, económicos, tecnológicos, etc. Asimismo, se generan sinergias de trabajo entre los tres colegios del plantel, un aspecto clave en este punto es la creación de un manual que marca las pautas para la realización de eventos sustentables, consulte el anexo B.
- Solicitar un módulo para el MIRSU en la feria de las licenciaturas con la finalidad de informar a los estudiantes del programa de integración y público en general del funcionamiento y avances del programa.
- Realizar una publicación digital que contenga la información general del programa, este se enviará por correo a los todos los profesores del plantel (de tiempo completo y de asignatura), además se podrá descargar en la página oficial del plantel y de *Tezonco Sustentable*. Consulte el anexo C.

- Dialogar con el programa de integración para analizar la opción de anexar en alguna de sus asignaturas un módulo que permita informar a los nuevos estudiantes sobre el MIRSU.
- Crear un comité ambiental, cuyo objetivo será realizar las observaciones necesarias para modificar de manera pertinente y cuando sea necesario los aspectos del programa, dar seguimiento al correcto funcionamiento del MIRSU y promover la educación ambiental en el plantel.
 - Se propone que el comité ambiental este integrado por 20 personas: 7 profesores, 3 administrativos, 2 personas de limpieza y 8 estudiantes. Nota: La cantidad de personas dependerá del número de plantilla de cada área (profesores, administrativos y personal de limpieza).
 - El organigrama del comité será publicado en los medios digitales, con la finalidad de informar a la comunidad universitaria.
 - En primera instancia se planea la creación de una convocatoria, la cual invite a profesores, personal administrativo y personal de limpieza a participar de manera voluntaria.
 - Para la selección de estudiantes, se propone la realización de un programa de servicio social, para ello será necesario solicitar a estudiantes que tengan como mínimo el 70% de créditos de la licenciatura en curso.
 - El comité vigilará la eficiencia de separación de residuos en las diferentes zonas del plantel (aulas, cubículos de profesores y comedor)
 - El comité elegirá la técnica o método para medir la eficiencia de separación.
 - El comité se encargará de promover las actividades en cuestión de educación ambiental.
 - Las dinámicas de las campañas (trueque ambiental, trashtag challenge y uacemitas ¡Adiós al plástico!) serán coordinadas por el comité.
 - La gestión de los recursos y la transparencia del mismo, estarán bajo la supervisión del comité.

- A largo plazo, el comité será el responsable de la operación del centro de acopio y de la planta de compostaje, por lo que el número de miembros se tendrá que cambiar.

Nota: Es necesario realizar un manual que describa detalladamente los mecanismos y reglas de operación del comité ambiental.

- Vincular al plantel con el CECADESU y la SEDEMA, así como de otras organizaciones no gubernamentales y asociaciones de la sociedad civil, con el propósito de recibir la asesoría pertinente en cuanto a temas de educación ambiental y el correcto funcionamiento del MIRSU.

Durante la feria de las licenciaturas llevada a cabo el semestre 2019-II, se logró informar a los estudiantes del programa de integración sobre el funcionamiento e importancia del programa de RSU, es decir, dicho espacio nos permitió informar a un cierto grupo de alumnos, los cuales se mostraron inquietos y entusiasmados en participar, como se muestra en la *figura 57*.



Explicación sobre el funcionamiento del MIRSU



Vinculación del MIRSU con el Programa de Energía



Cartel sobre la nueva forma de separar los RSU



Maquetas sobre las islas de separación



Estudiantes participativos



Entrega de folletos

Figura 57. Presentación del MIRSU en la feria de las licenciaturas 2019-II.

5.2.5. Campañas

“La conducta humana es una consecuencia de los valores, que son reflejos de nuestros sentimientos de responsabilidad hacia los demás y con el entorno” (Ballard, 2007).

Una campaña es un conjunto de acciones programados para alcanzar un objetivo, particularmente una campaña social pretende convencer a los destinatarios de que acepten, modifiquen o abandonen de terminadas ideas, prácticas e incluso ciertas conductas (Ruíz Escobar, 2015).

Trueque ambiental SLT

- Diagnóstico: La falta de segregación de los RSU ocasiona que los residuos con alto potencial de reciclaje pierdan su valor.
- Población objetivo: Comunidad universitaria (estudiantes, profesores, administrativos e intendentes).
- Objetivo: Invitar a la comunidad a intercambiar sus residuos con alto potencial de reciclaje por un cilindro plástico reutilizable.
- Medios: Se plantea a la creación de un cartel digital y una cápsula informativa que puedan difundirse en medios virtuales como la página oficial del plantel *Comunidad SLT y Tezonco Sustentable*.

La dinámica de la campaña se muestra en la tabla 23.

Tabla 23.

Trueque de residuos por cilindro reutilizable

Tipo y cantidad de residuo	Equivalen a
60 botellas de plástico limpias y aplastadas	1 cilindro
60 latas de refresco limpias y aplastadas	1 cilindro
5 kilos de papel limpio y sin grapas	1 cilindro
1 kg de tapitas de plástico limpias	1 cilindro
5 kilos de cartón limpio, sin grasa	1 cilindro

Esta campaña se realizará una vez por semestre, es decir dos veces al año, se entregará un límite de 50 cilindros por campaña, para la recolección de este tipo de residuos será necesario disponer de un espacio que permita el almacén temporal antes de su comercialización o donación.

Para la comercialización de los residuos recolectados, será necesaria la intervención de la coordinación, todo mediante un proceso transparente que permita comunicar a la comunidad sobre lo recaudado y como es que se gestionará el recurso en el plantel.

A continuación, en la *tabla 24* se muestra el formato que facilita el registro de residuos recolectados en

Tabla 24.

Propuesta de bitácora de control sobre los residuos recolectados en el trueque ambiental

Fecha	Residuo	Cantidad	Nombre de persona	Colegio al que está inscrito	Observaciones

Reglas de operación

- La campaña está abierta a toda la comunidad universitaria: estudiantes, profesores, personal administrativo y personal de limpieza.
- La entrega y recepción de los residuos se llevará a cabo en el lugar y horario establecido dispuesto por la coordinación, no se aceptarán los residuos fuera del lugar y horario asignado.
- No se recibirá residuos que no estén limpios, en el caso del papel se deberán entregar sin grapas y sin grasa, al igual que el cartón, en cuanto a las latas de refresco y botellas de PET, estas deberán estar aplastadas, todos los anteriores sin residuos orgánicos.

- Los residuos serán pesados al instante en la recepción para verificar que cumpla con el gramaje, de igual manera, los desechos serán contados en la recepción para verificar que cumpla con la cantidad solicitada.
- En caso de que el gramaje o cantidad de residuo sea menor al requerido, si la persona así lo desea, puede realizar la entrega de sus residuos, los cuales se almacenarán hasta por 12 días como tolerancia para que la persona pueda entregar lo restante.
- En caso de rebasar los 12 días y no completar el gramaje o cantidad de residuos requeridos, la persona puede solicitar la devolución de sus residuos.
- El plazo para la devolución de sus residuos es de hasta 3 días después de rebasar los 12 días de tolerancias para completar el gramaje o cantidad de residuos solicitados.
- Si la persona no solicita la devolución de los residuos dentro del plazo asignado, se considerará la entrega como una donación, por lo que no se entregará cilindro.
- La entrega de cilindros reutilizables estará limitada a 50 ejemplares por campaña.
- Los residuos recolectados serán comercializados (PET, cartón, papel y las latas de refresco), esto bajo la supervisión de un comité que gestione de manera transparente los recursos.
- La información de los recursos recaudados, así como el aprovechamiento del mismo ¹³, será puesta disposición de medios digitales para toda la comunidad.

A continuación, en la *tabla 25* se muestra una propuesta de formato que permite la cuantificación de los residuos recolectados una vez finalizada la campaña.

Tabla 25.
Formato para el registro y cuantificación de residuos.

Formato para el registro de residuos con alto potencial de reciclaje
Proyecto: Tezonco Sustentable
Programa: Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU)
Campaña: Trueque ambiental

¹³ Se propone que los recursos recaudados sean gestionados para alimentar y fortalecer el programa de residuos: mantenimiento, adquisición de nuevos insumos, etc.

Número de trueque:			
Periodo:			
Fecha de cuantificación de los residuos:			
Personas que cuantificación:			
Composición			
Papel (kg)	PET (kg)	Tapitas de plástico (kg)	Latas de metal (kg)
Total:	Total:	Total:	Total:
Observaciones:			
Nombre y firma del coordinar(a) del plantel:			
Nombre y firma del representante del comité ambiental:			

Para llevar a cabo la correcta recolección y almacenamiento de los residuos, será necesario contar con un espacio físico que permita reguardar los residuos, la báscula, bitácora y otros insumos. Durante la primera y segunda edición del trueque ambiental los residuos fueron recolectados y almacenados en el cubículo del programa de energía

ubicado en el tercer piso del edificio C (C-307), la *figura 58* se muestra una fotografía tomada en el cubículo de energía.



Figura 58. Cubículo del programa de energía durante la primera edición del trueque ambiental.

En la primera edición del trueque ambiental se realizó una cápsula informativa, la cual fue difundida por medio de la plataforma digital del plantel *Comunidad SLT uacm*, el 11 de octubre de 2019, dicho vídeo puede ser visualizado a través de la siguiente ruta: <https://www.facebook.com/1470754689627242/videos/2376986569096528>, en la *figura 59* se muestra la vista preliminar de la cápsula informativa.



Figura 59. Vista preliminar de la cápsula informativa de la primera edición del trueque ambiental. Fuente: Facebook Comunidad STL UACM.

En el vídeo se invita a la comunidad universitaria del plantel SLT a participar en la primera edición del trueque ambiental, también se explica la dinámica y se muestra los diseños de cilindros de plástico reutilizables.

En el caso particular de las tapitas de plástico, se tomó la decisión en conjunto con la coordinación del plantel para realizar la donación de las tapitas a una fundación llamada *Banco de Tapitas A.C*¹⁴



Figura 60. Entrega de las tapitas de plástico a la Fundación Banco de Tapitas A.C.

Las tapitas fueron entregadas en la sede ubicada en la alcaldía de Iztapalapa, Ciudad de México, como se muestra en la *figura 60*. La segunda edición del trueque ambiental inició en el semestre 2020-I en el mes de febrero, en esta ocasión solo se empezó a recolectar tapitas de plástico, debido a que aún no se ha acondicionado algún espacio para el resguardo de los residuos, por lo que nuevamente el cubículo del programa de energía acepto realizar el almacenamiento temporal pero solo de tapitas de plástico. La nueva dinámica fue difundida por medio de la plataforma digital *Tezonco Sustentable* y

¹⁴ Banco de Tapitas A.C. recolecta todo tipo de tapitas de plástico a nivel nacional mediante más de 500 puntos de entrega y ejerce sus propios programas de atención: Casos Locales, Destapa tu Sueño, Movimiento Rapunzel, así como el Proyecto Erick David (medicinas) y Proyecto Valeria (donación de instrumental médico de última generación).

Comunidad SLT UACM, para ello se realizó un póster digital, el cual se muestra a en la figura 61.



Figura 61. Póster para promocionar la segunda edición del trueque ambiental

Las tapitas de plástico recolectadas durante la segunda edición del trueque ambiental fueron destinadas a una causa social nuevamente, pero ahora para apoyar el tratamiento de Paolo, un niño de dos años que necesita un trasplante de médula ósea.

La dinámica de la segunda edición del trueque ambiental fue interrumpida por la contingencia sanitaria pronunciada por la Secretaría de Salud en marzo de 2020¹⁵.

Uacemitas-SLT ¡Adiós al plástico!

Diagnóstico: El 23% de los residuos generados en aulas del plantel SLT de la UACM es plástico, entre lo que destaca es el PET, bolsas, unicel y otros artículos de uso único.

Población objetivo: Comunidad universitaria (estudiantes, profesores, administrativos e intendentes).

Objetivo: Reducir la generación de residuos plásticos y de aprovechamiento limitado.

¹⁵ Se trata del SARS-COV2, la cual pareció en China en diciembre de 2019 y provoca una enfermedad llamada COVID-19, que se extendió por el mundo y fue declarada pandemia global por la Organización Mundial de la Salud.

Medios: Creación de infografías

Dinámica de la campaña: Invitar a la comunidad universitaria del plantel a reducir la generación de residuos plásticos y de difícil aprovechamiento mediante la participación a la campaña trueque ambiental y la creación de infografías que inciten a la comunidad a traer sus propios termos, recipientes y bolsas reutilizables, en la *figura 62* se muestra la propuesta de logotipo de la campaña.



Figura 62. Propuesta de logotipo de la campaña Uacemitas SLT ¡Adiós al plástico!

El 25 de junio de 2019 se publicó en la Gaceta Oficial de la Ciudad de México, el decreto de reforma a la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, en la cual se adicionan y modifican diversas disposiciones en materia de uso de plásticos y materiales compostables (Basham, 2019).

Dentro del decreto se establece la prohibición de comercializar, distribuir y entregar al consumidor:

- Bolsas de plástico en los puntos de venta, esta prohibición no será aplicable a las bolsas de plástico necesarios por cuestiones de higiene o que prevengan el desperdicio de alimentos.
- Los productos no compostables cuando sean fabricados, total o parcialmente de plástico y que sean de un solo uso (desechables): tenedores, cuchillos, cucharas, palillos mezcladores, platos, popotes, globos, vasos y sus respectivas tapas, charolas para transportar alimentos, etc.
- Productos que contengan micro plásticos añadidos intencionalmente.

- Cápsulas de café de un solo uso fabricadas con materiales plásticos con bajo potencial de aprovechamiento.

La campaña Uacemitas SLT ¡Adiós al plástico! se alinea con las modificaciones de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, consulte en el anexo D la infografía realizada para promocionar la campaña.

Trashtag Challenge

Diagnóstico: El plantel SLT de la UACM cuenta con espaciosas áreas verdes, las cuales tienen residuos, principalmente plásticos y colillas de cigarro.

Población objetivo: Comunidad universitaria (estudiantes, profesores, administrativos e intendentes).

Objetivo: Limpiar las áreas verdes del plantel de manera colectiva.

Medios: Creación de infografías

Dinámica de la campaña: Zonificar el plantel en 6 áreas: estacionamiento de profesores, jardín de profesores, jardín ubicado a un costado del edificio A *Jardín de edén*, estacionamiento de estudiantes, ágora y canchas deportivas; Realizar 6 grupos de 10 personas, cada grupo limpiará una zona del plantel. Los insumos y herramientas serán otorgadas por el comité ambiental y la coordinación del plantel.

Para reunir a un mínimo de 60 personas, se realizará una convocatoria que invite a la comunidad a participar, el comité ambiental será el encargado de promocionar y dictaminar las reglas de operación.

Durante el décimo quinto aniversario del plantel, se realizó la primera edición del *trashtag challenge*, cuya participación fue significativa, personal de limpieza, administrativos, profesores y estudiantes limpiaron las áreas verdes de manera colectiva, las fotografías tomadas durante dicha actividad se presentan en la *figura 63*.



Administrativos y personal de limpieza



Estudiantes y profesores



Formación de cuadrillas

Figura 63. Galería de fotografías tomadas durante la primera edición del Trash Challenge.

El trashtag challenge podrá llevarse dos veces al año, será necesario gestionar con los colegios para solicitar la realización de la campaña durante alguno de sus eventos.

5.3. Separación

Actualmente en el plantel hay un total de 77 islas de separación conocidas como trillizos, muchos de ellos ubicados en lugares con poca afluencia de estudiantes o se encuentran muy cercanos unos de otros, como se pueden observar en la *figura 64*.



Trillizos ubicados en la parte trasera del edificio B



Trillizos ubicados en la parte trasera del edificio A

Figura 64. Trillizos ubicados en lugares con poca afluencia de estudiantes.

Los trillizos se componen de tres botes, donde su función es la separación de los RSU en tres categorías, orgánicos, bote verde; papel, bote amarillo y plásticos (PET), bote azul, tal y como se puede observar en la *figura 65*.



Figura 65. Isla de separación actual del plantel SLT.

A pesar de tener estos tres contenedores, los usuarios no colocan los residuos de acuerdo a su categoría, de acuerdo a los comentarios realizados por los estudiantes, esto es debido a tres razones principalmente:

- La revuelven cuando la recogen: En el almacenamiento temporal se mezclan los residuos, esto genera que los estudiantes no vean la utilidad de separarla.
- No saben cómo separarla: A falta de mantenimiento, las islas de separación ya no cuentan con rotulación que indique que debe depositarse en cada uno de los contenedores, por lo que los estudiantes no saben cómo separarla.
- No saben dónde depositarla: Los estudiantes generan residuos que no entran en alguna de las categorías, por lo que terminan colocando su desecho en cualquier contenedor, ejemplos: colillas de cigarro, latas de refrescos, cajas de jugos, unicel, etc.
- Porque no quieren: Los estudiantes piensan que no es importante o relevante segregar los residuos, no les beneficia ni les perjudica.

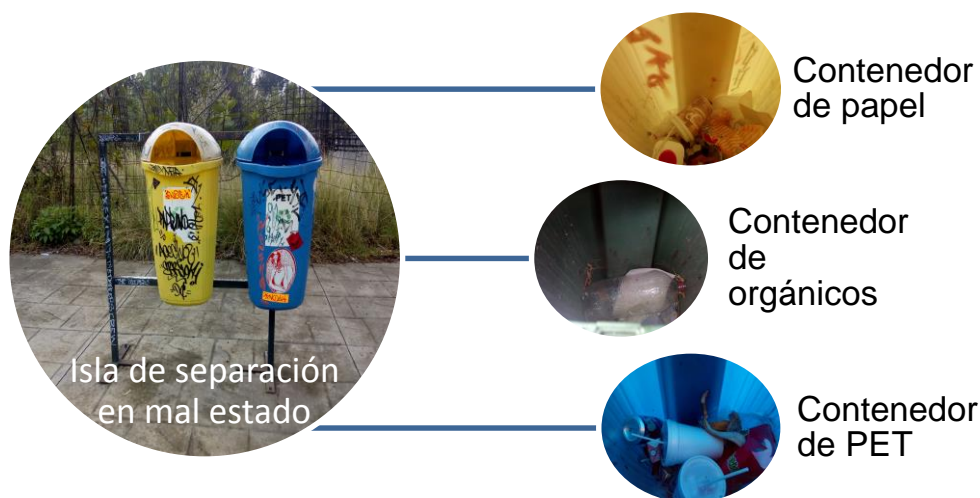


Figura 66. Isla de separación e interior de cada uno de los contenedores.

Como se puede observar en la *figura 66*, en el contenedor de papel se llega a colocar envases de yogurt, popotes, servilletas, envolturas de celofán, etc. En orgánicos se llega a depositar unicel, envolturas y otros plásticos, en el contenedor de PET se coloca unicel, popotes, papel y orgánicos, los trillizos no cumplen con la función de separar los RSU.

El plantel cuenta con 77 islas de separación, es decir con 231 contenedores, cuya distribución se muestra en la *tabla 26*.

Tabla 26.

Cantidad de islas de separación

Lugar	Cantidad de islas
Edificio A	13
Edificio B	13
Edificio C	12
Pasillo que conecta a los tres edificios, planta baja	7
Pasillo que conecta a los tres edificios, primer piso	5
Jardín ubicado al costado del edificio A, <i>jardín de edén</i>	4
Estacionamiento de profesores	10
Estacionamiento de estudiantes	0
Área entre el edificio A y B	2
Área entre el edificio B y C	2
Edificio de profesores D y E	3

Ágora	2
Jardín de profesores	1
Canchas deportivas	3
Total	77

Además, cada aula, oficina y cubículo cuenta con un pequeño bote en los cuales se almacenan los residuos de tal manera que todos se mezclan (orgánicos, papel, PET, metales, etc.), lo que propicia que los desechos con potencial de ser reciclados pierdan su valor.

Actualmente algunas islas de separación se ubican en lugares poco concurridos, en la planta baja de los edificios A, B y C, los contenedores están a una escasa, por lo que se puede decir que están muy cercanos unos de otros, a este punto se propone la eliminación de algunas islas de separación, de tal manera que la distribución sea la propuesta en la *tabla 27*.

Tabla 27.
Cantidad de islas propuestas en edificios A, B y C.

Distribución en edificios						
	Edificio A		Edificio B		Edificio C	
	Antes	Propuesta	Antes	Propuesta	Antes	Propuesta
Planta baja	5	2	5	2	4	2
Piso 1	2	1	2	1	2	1
Piso 2	2	1	2	1	2	1
Piso 3	2	1	2	1	2	1
Piso 4	2	1	2	1	2	1
Total	13	6	13	6	12	6

En cuanto a los pasillos que conectan los tres edificios la propuesta se presenta en la *tabla 28*.

Tabla 28.
Cantidad de islas propuestas en los pasillos

Distribución en los pasillos que conectan a los tres edificios		
Lugar	Antes	Propuesta
Planta baja	7	2
Primer piso	5	2

Total	12	4
-------	----	---

La distribución para el área de estacionamiento se muestra en la *tabla 29*.

Tabla 29.

Cantidad de islas propuestas para los estacionamientos

Distribución en los estacionamientos		
Lugar	Antes	Propuesta
Profesores	10	2
Estudiantes	0	2
Total	10	4

El edificio de profesores se divide en dos secciones D y E, la distribución planteada es muestra en la *tabla 30*.

Tabla 30.

Cantidad de islas propuestas para el edificio de profesores

Distribución en el edificio de profesores D y E		
Lugar	Antes	Propuesta
Planta baja	0	1
Piso 1	1	1
Piso 2	2	1
Total	3	3

Para las demás áreas, la distribución propuesta se muestra en la *tabla 31*.

Tabla 31.

Cantidad de islas propuestas para otras áreas comunes

Distribución en otras áreas		
Lugar	Antes	Propuesta
Área entre el edificio A y B	2	0
Área entre el edificio B y C	2	0
Jardín ubicado al costado del edificio A	4	1
Ágora	2	2
Jardín de profesores	1	0
Canchas deportivas	3	2
Total	14	5

En cuanto a las 44 islas restantes, se sugiere lo siguiente realizar una donación a escuelas aledañas y otros espacios públicos como salida del metro olivos, parques cercanos, módulos deportivos, etc.

Por otra parte, como ya se ha comentado, cada aula, oficina y cubículo se tiene un bote de almacenamiento in situ, en el que los desechos se almacenan conjuntamente, lo que ocasiona que los residuos con alto potencial de reciclaje se mezclen y contaminen.

Durante el semestre 2019-II, se realizó una visita a la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, con el objetivo de llevar a cabo una vinculación y asesoramiento del programa, en cuanto a las sugerencias realizadas para evitar que los residuos se mezclen fue la reconfiguración de las islas de separación, además comentaron que en la institución, a cada oficinista se le retiró el contenedor de desechos y en su lugar colocar una isla de separación, con esta medida, los trabajadores depositan sus residuos en los contenedores correspondientes, evitando que estos se contaminen y puedan reintegrarse como un nuevo producto.

Para llevar a cabo dicha medida en el plantel, se sugiere realizar una consulta, con el propósito de ver la flexibilidad de la comunidad universitaria para depositar sus residuos solo en las islas de separación a falta de los contenedores en aulas, oficinas y cubículos, como se puede observar en las tablas anteriores, se propone operar con tan solo 33 islas de separación, las cuales será ubicadas en puntos estratégicos conforme a los siguientes criterios:

- Afluencia de personas
- Lineamientos de protección civil
- Accesibilidad

5.3.1. Diseño de las nuevas islas de separación

Objetivo: Separar los residuos de manera que aquellos con alto potencial de ser reciclados puedan ser aprovechados.

Isla interior



Figura 67. Isla interior. Fuente: ECOPUMA, UNAM.

La isla interior se compone de 5 contenedores, como se muestra en la *figura 67*, este tipo de isla se ubicará en lugares con techumbre o que cuenten con algún tipo de resguardo ante las inclemencias del tiempo (dentro de los edificios).

Isla exterior



Figura 68. Isla exterior. Fuente: ECOPUMA, UNAM.

La isla de separación exterior está conformada por cuatro contenedores, tal y como se muestra en la *figura 69*, el contenedor de papel y cartón se retiró para evitar que se moje o se dañe debido a las condiciones de intemperie.

Las islas almacenarán los residuos como se muestra en el siguiente listado:

- Orgánicos: Restos de comida, cáscaras, semillas, palillos de madera, café y sus filtros, huesos de pollo, res y cerdo.
- Plásticos: Botellas de agua, jugos y refrescos, envases de yogurt, botellas de suavizantes y detergentes.
- Latas, vidrio y tetra pak: Latas de refrescos, jugos, té. Atún, papel aluminio, botellas de vidrio, cajas de leche y jugo.
- Papel y cartón: Hojas de papel, folders, periódicos, revistas, volantes y cartón sin residuos.
- Otros: Charolas, platos y vasos de plástico y/o unicel, envolturas de plástico, enceradas o metalizadas, colillas de cigarro y grapas, cartón y servilletas con grasa, pañuelos desechables usados, papel con comida.

A partir de los contenedores ya existentes, se planea reutilizar las estructuras (juntar las dos estructuras metálicas de los actuales trillizos), una vez colocadas las estructuras metálicas se colocarán los contenedores necesarios para formar las islas interiores y exteriores (5 y 4 contenedores respectivamente), además de añadirá un cartel con las indicaciones que muestren la nueva manera de separar los residuos, consulte el diseño del cartel que acompañará a las islas de separación en el anexo D.




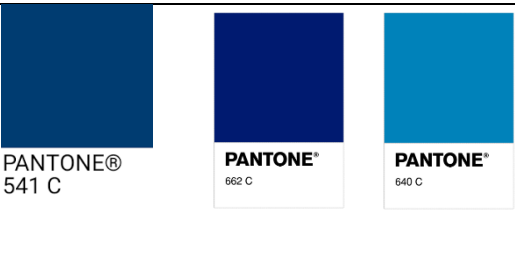

Material que se empleará

- Pintura: verde, amarilla, azul, café, gris y negra (queda a consideración mantener el color de los trillizos actuales, debido a tienen los colores correspondientes, azul, verde y amarillo).
- Pinzas para fleje de acero (1/2 centímetro)
- Cinturones de acero

A continuación, en la *tabla 32* se presenta los colores modelo para las islas de separación conforme a la norma ambiental de la Ciudad de México.

Tabla 32.

Colores para las islas de separación de acuerdo con la norma ambiental NADF-024-AMBT-2013

Color verde: Pantone 360 ó 364, RAL F-9/S2	
Color gris: Pantone 877 C, RAL 7038	
Color beige: Pantone 141 C, RAL 1023 Amarillo	
Color azul: Pantone 541 C o 662, RAL 5004	
Color café: Pantone 463 C, RAL8017	

En la *tabla 33*, se muestra el resumen sobre la cantidad, tipo y ubicación de las islas necesarias para poner en marcha el programa de RSU en el plantel.

Tabla 33.

Ubicación, cantidad y tipo de isla

ESPACIO	TIPO DE ISLA	NUMERO DE ISLAS	NUMERO DE BOTES
Edificio A	5 Contenedores	6	30
Edificio B		6	30
Edificio C		6	30
Edificio D y E		3	15
Ágora		1	5
TOTALES DE 5 CONTENEDORES		22	110
Estacionamiento de profesores	4 contenedores	2	8
Estacionamiento de estudiantes		2	8
Pasillos que conectan los edificios Planta baja		2	8
Pasillos que conectan los edificios Primer piso		2	8
Área entre el edificio A y B		0	0
Área entre el edificio B y C		0	0
Jardín ubicado al costado del edificio A		1	4
Ágora		1	4
Jardín de profesores		0	0
Canchas deportivas		2	8
TOTALES DE 4 CONTENEDORES		12	48

Para la creación de las islas de separación se contemplan las siguientes opciones:

1. Reutilización de las islas actuales “trillizos”
2. Construir las islas de separación, tomando como base las que ha implementado la UNAM.
3. Comprar islas de separación

Opción 1: Reutilización de contenedores

Las actuales islas de separación “trillizos” solo pueden almacenar residuos orgánicos, papel y plásticos, otros tipos de desechos no entran en ninguna de estas clasificaciones (como es el caso de las colillas de cigarro). Por tal motivo se propone reconfigurar los trillizos, para ello es necesario colocar un contenedor para la isla exterior y dos

contenedores para tener una isla interior, el material que se empleará se muestra en la tabla 34¹⁶:

Tabla 34.

Presupuesto de material para la opción 1.

Material	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Pintura verde	Pintura Vinil- acrílica Comex Pro 1000 Plus De Colores 1lt ¹⁷ Rendimiento: 8 m ² Ambientes: Interior y Exterior Tiempo de secado: 1 h Es inflamable: No	6 litros	\$119.00	\$714
Pintura amarilla	Pintura Vinil- acrílica Comex Pro 1000 Plus De Colores 1lt	6 litros	\$119.00	\$714
Pintura azul	Pintura Vinil- acrílica Comex Pro 1000 Plus De Colores 1lt	6 litros	\$119.00	\$714
Pintura café	Pintura Vinil- acrílica Comex Pro 1000 Plus De Colores 1lt	4 litros	\$119.00	\$476
Pintura gris	Pintura Vinil- acrílica Comex Pro 1000 Plus De Colores 1lt	6 litros	\$119.00	\$714

Estimación para la cantidad de pintura:

1 contenedor tiene un área aproximada de 1.5m²

Consideramos 34 contenedores verdes, 34 amarillos, 34 azules, 22 cafés y 34 grises

Área total de contenedores verdes= 34(1.5 m²)= 51m²

Área total de contenedores amarillos= 34(1.5 m²)= 51m²

Área total de contenedores azules= 34(1.5 m²)= 51m²

Área total de contenedores grises= 34(1.5 m²)= 51 m²

Área total de contenedores cafés= 22(1.5 m²)= 33m²

¹⁶ Estimación del material para las 22 islas interiores y 12 islas exteriores

¹⁷ <https://articulo.mercadolibre.com.mx>

**Litros requeridos= superficie m² /rendimiento= 6.375 litros¹⁸
(azul, verde, amarillo, gris)**

**Litros requeridos= superficie m² /rendimiento= 4.125 litros¹⁹
(café)**

Flejadora Manual + Pinza Para Fleje + Rollo Fleje + Grapas	Set para flejar	1		\$1,699	\$1,699
Brochas para pintar	Brocha Sintética Profesional P/ Pintar Comex Azul 3 Pulgadas	5		\$111	\$555
Mascarilla respirador filtros Surtek	Para uso en la industria química, agrícola, minera, forestal, etc.	5	2	\$129	\$645
Total					\$6231

El presupuesto es tentativo, es necesario considerar si es necesario contar con otros materiales, así como la impresión de los pictogramas, la mano de obra y la instalación de las islas.

Opción 2: Construir las islas de separación, tomado como base las que ha implementado la UNAM.

La UNAM ha efectuado el Programa Universitario de Medio Ambiente, el cual posee acciones dirigidas a la adecuada gestión de los RSU producidos en sus diferentes espacios. Las islas de separación que la UNAM ha diseñado e implementado, se pueden retomar, los contenedores están hechos de metal y el diseño permite una fácil recolección de los residuos, tal y como se puede observar en la *figura 67*.

¹⁸ Sin considerar una doble capa de pintura



Figura 69. Isla de separación implementada en Ciudad Universitaria.
Fuente: UNAM.

En el anexo G se muestra la ficha técnica de las islas de separación de la UNAM, esta ficha es útil si se planea realizar un diseño similar, cabe mencionar que esta opción dependerá del presupuesto que disponga el plantel.

A continuación, en la tabla 35 y 36 se muestra el material requerido para la elaboración de las islas.

Precio aproximado por isla

Isla interior

Tabla 35.

Material requerido para la isla inferior.

Material	Cantidad	Precio unitario	Precio
Segmentos de 15 cm de solera de 2''X 1/8''	6	\$498	\$498 (se necesita una solera de 1m de largo)
Tornillos de cabeza hexagonal de 3/8'' con rondana	22	\$7.54	\$165.88
Segmentos de 90 cm de perfil tubular PTR de 2''	6	\$145	\$435 (se necesitan 3 perfiles de 1.8m)
Segmento de 5 cm de solera de 2''X 3/8''	10	\$1,056	\$528 (se necesita la mitad de una solera de 1m de largo)

Rondanas de 3 mm de espesor y 1'' de diámetro	10	\$0.67	\$6.70
Segmento de 5 cm de tubo de acero de 1'' de diámetro	10	\$321	\$64.2 (se necesita la quinta parte de un tubo de 2.5m)
		Costo aproximado por isla	\$1697.78
		Costo aproximado por un total de 22 islas interiores	\$37,351.16

Isla exterior

Tabla 36.

Material requerido para la isla exterior.

Material	Cantidad	Precio unitario	Precio
Segmentos de 15 cm de solera de 2''X 1/8''	5	\$498	\$498 (se necesita una solera de 1m de largo)
Tornillos de cabeza hexagonal de 3/8'' con rondana	18	\$7.54	\$135.72
Segmentos de 90 cm de perfil tubular PTR de 2''	5	\$145	\$435 (se necesitan 3 perfiles de 1.8m)
Segmento de 5 cm de solera de 2''X 3/8''	8	\$1,056	\$528 (se necesita la mitad de una solera de 1m de largo)
Rondanas de 3 mm de espesor y 1'' de diámetro	8	\$0.67	\$5.36
Segmento de 5 cm de tubo de acero de 1'' de diámetro	8	\$321	\$53.5 (se necesita la sexta parte de un tubo de 2.5m)
		Costo aproximado	\$1655.58
		Costo aproximado por un total de 12 islas exteriores	\$19,866.96

El costo aproximado por un total de 34 islas es de **\$57,218.12**, cabe resaltar que dicho **costo es solo del material**, no incluye el precio de pintura, impresión de los pictogramas, la mano de obra para la fabricación de las islas y el costo de la instalación.

Opción 3: Comprar islas de separación prediseñadas

Esta opción representa practicidad, solo es necesario encontrar un diseño que sea similar a las que se proponen, es decir: que el contenedor para residuos orgánicos sea verde, para plásticos de color azul, inorgánicos de aprovechamiento limitado sea gris, café para los residuos como papel y cartón y que el contenedor para los desechos de metal, tetra pac y vidrio sea de color amarillo.

A continuación, se presentan algunas propuestas:

Isla exterior

Estación de separación Cuádruple²⁰



Descripción: 4 botes plásticos de 53 L de capacidad cada uno, Dimensiones de cada bote: 28 x 71 x 31 cm, Ideales para la práctica separación de residuos en centros comerciales, entidades educativas, etc.

Costo: \$5,758.24

Observaciones: Si se considera esta isla, será necesario contemplar el cambio de color de uno de sus contenedores a color amarillo, en su caso quizá, solo bastará en rotular la indicación.

Costo total para 12 islas es de: \$69,098.88

²⁰<https://www.contenedoresdeplasticomexico.com/product-page/estacion-de-separacion-cuadruple>

Isla interior



Descripción: 5 botes plásticos de 53 L de capacidad cada uno, dimensiones de cada bote: 28 x 71 x 31 cm, ideales para la práctica separación de residuos en centros comerciales, entidades educativas, etc.

Costo: \$6,658.40

Observaciones: Si se considera esta isla, será necesario contemplar el cambio de color de uno de los contenedores, de rojo a amarillo, en su caso, solo bastará en rotular la indicación.

En esta opción será necesario contemplar solo el costo de la instalación y en su caso la impresión de la rotulación que indique la manera de separar los residuos.

A continuación, se muestra una tabla 37, se realizó una comparativa en el tema de mantenimiento:

Tabla 37.

Comparativa en tema de mantenimiento.

Observaciones	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Frecuencia de mantenimiento	ALTA Al menos dos veces al año, lo que implica comprar de pintura y otros materiales.	MEDIA Al menos una vez al año, lo que implica comprar pintura y materiales.	BAJA La frecuencia de mantenimiento dependerá solo si se daña la estructura.
Gasto de reparación en caso de daño	MEDIO Se necesitará comprar pintura y algunos otros materiales metálicos, como perfil, tubos, grapas, etc.	ALTA Además del gasto en materiales metálicos como, perfil, tubos, grapas, etc., se necesita adquirir pintura y en su caso, la reimpresión de los pictogramas.	BAJA En caso de daño, solo se necesitará comprar materiales metálicos como: soldadura, tubos o perfiles.

Todos los costos son aproximados y tomados de espacios digitales, y sujetos a cambios, sin previo aviso. Para seleccionar la opción más adecuada, se deberá contemplar los costos totales, materiales y mano de obra, los presupuestos antes mencionados están sujetos a cambios, por lo que son precios aproximados.

Los presupuestos consideran las 34 islas que se proponen implementar en el plantel, 12 islas interiores y 22 islas exteriores, en las tablas se proporcionan precios unitarios, los cuales permiten realizar una estimación para una cierta cantidad de islas, es decir, se puede realizar el cálculo para 10 islas, 13 islas, 14 islas, etc.

EL Programa para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el plantel SLT de la UACM (MIRSU), es una primera pauta de gestión, las propuestas que se presentan pueden ser adaptadas a distintos escenarios, principalmente económicos y de infraestructura, el desarrollo de cada una de las propuestas puede ser gradual, dependiendo del grado de prioridad.

5.3.2. Esbozo de los pictogramas

Con el propósito de hacer partícipe a la comunidad universitaria en el diseño de los pictogramas, se realizó una encuesta, la cual fue diseñada mediante una plataforma digital llamada *Google Drive*²¹, está consiste en siete preguntas relacionadas con el nuevo sistema de separación, a continuación, se presenta la encuesta realizada:

²¹ Google Drive es un servicio de alojamiento de archivos que fue introducido por la empresa estadounidense Google el 24 de abril de 2012.

Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos del Plantel San Lorenzo Tezonco

Se hace una cordial invitación a la comunidad del plantel SLT de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México a participar en la siguiente encuesta.

Los resultados recabados permitirán establecer los criterios para el diseño y elaboración de los pictogramas que se emplearán para la clasificación y separación los desechos generados en el plantel. ¡Tú participación es valiosa! Se parte de #TezoncoSustentable

¿Con qué imagen relacionas los desechos de papel y cartón?

Marca solo un óvalo.

- Una hoja de papel
- Un periódico
- Una caja de cartón

¿Con qué imagen relacionas los desechos de metal?

Marca solo un óvalo.

- Lata de refresco
- Lata de atún
- Rollo de aluminio

¿Con qué imagen relacionas los desechos de vidrio?

Marca solo un óvalo.

- Envase de refresco
- Envase de café
- Envase de jugo

¿Con qué imagen relacionas los desechos plásticos?

Marca solo un óvalo.

- Botella de agua
- Botella de refresco
- Envase de yogurt

¿Con qué imagen relacionas los desechos de difícil aprovechamiento?

Marca solo un óvalo.

- Vaso de unicel

- Bolsa de fritura
- Colillas de cigarro

¿Con qué imagen relacionas los desechos sanitarios?

Marca solo un óvalo.

- Papel sanitario
- Toallas femeninas
- Pañal

¿Con qué imagen relacionas los desechos orgánicos?

Marca solo un óvalo.

- Cáscara de plátano
- Corazón de una manzana
- Hueso de pollo

La encuesta se realizó por primera vez el 13 de septiembre de 2019, con 79 participantes durante la presentación del programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos, posteriormente se realizó la aplicación de la encuesta en aulas del edificio C, hasta a completar los 100 encuestados.

Los resultados fueron los siguientes:

Pregunta 1: ¿Con qué imagen relacionas los desechos de papel y cartón?

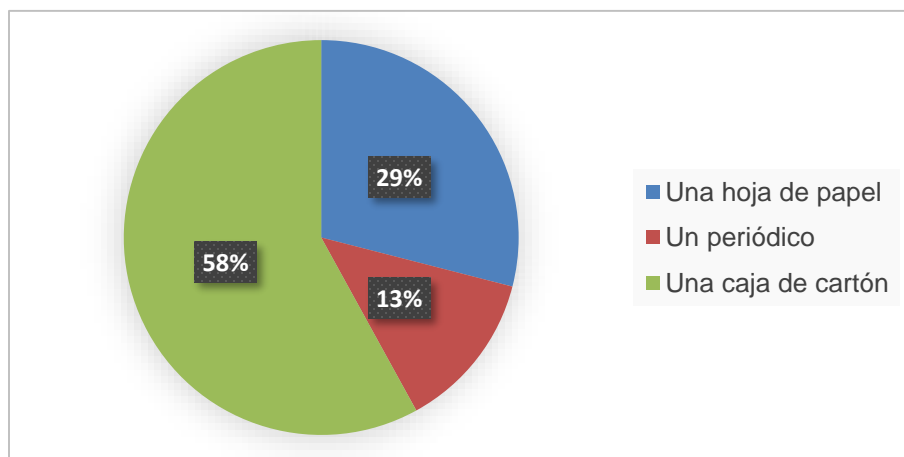


Figura 70. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos de papel y cartón? elaboración propia.

Como se puede observar en la *figura 70*, un 58% de los encuestados votó por la opción: una caja de cartón para la realización del pictograma correspondiente al contenedor que almacenará los residuos de papel y cartón.

Pregunta 2: ¿Con qué imagen relacionas los desechos de metal?

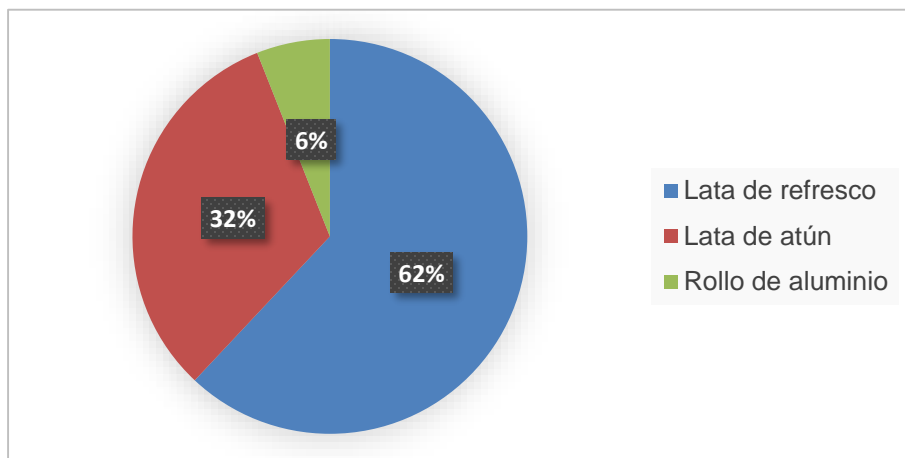


Figura 71. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos de metal? elaboración propia.

De acuerdo con la *figura 71*, el 62% de los encuestados relaciona los desechos de metal con una lata de refresco, por lo que el pictograma tendrá que aludir a dicha imagen.

Pregunta 3: ¿Con qué imagen relacionas los desechos de vidrio?

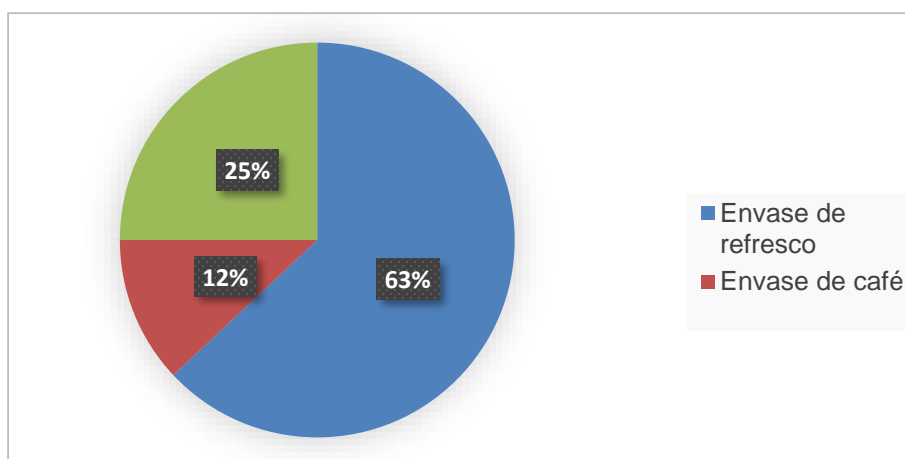


Figura 72. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos de vidrios? elaboración propia.

En la *figura 72*, se observa que el 63% de los encuestados relacionan en envase de refresco con los desechos de vidrio, por lo que el pictograma tendrá que aludir a dicha imagen.

Pregunta 4: ¿Con qué imagen relacionas los desechos de plástico?

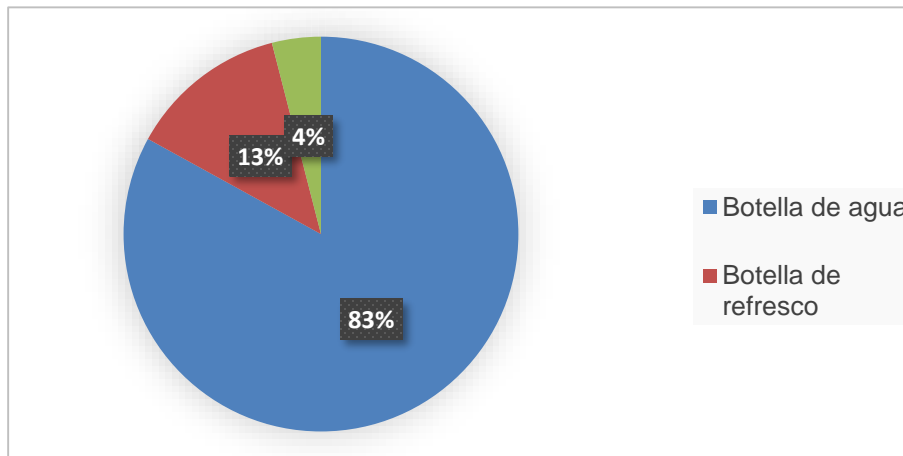


Figura 73. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos de plásticos? elaboración propia.

Como se observa en la *figura 73*, el 83% de los encuestados votó porque el pictograma para el contenedor de plásticos fuera representado por la imagen de una botella de agua.

Pregunta 5: ¿Con qué imagen relacionas los desechos de difícil aprovechamiento?

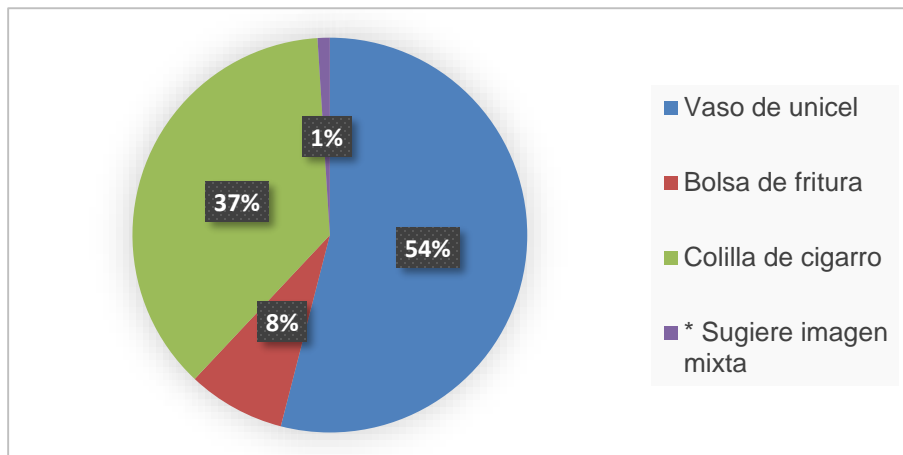


Figura 74. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos de difícil aprovechamiento? elaboración propia.

La mayor parte de los encuestados relaciona los residuos de difícil aprovechamiento con un vaso de unicel, como se puede observar en la *figura 74*, un solo encuestado sugirió dos imágenes para relacionar este tipo de residuos, por lo que podría considerar optar por las dos opciones más votadas: vaso de unicel y colilla de cigarro.

Pregunta 6: ¿Con qué imagen relacionas los desechos de sanitario?

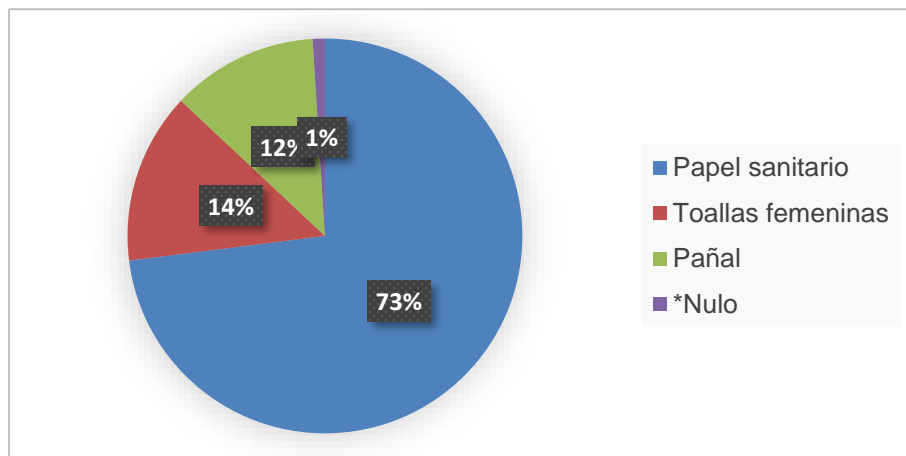


Figura 75. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos sanitarios? elaboración propia.

El 73% de los encuestados relaciona el papel de baño con los desechos sanitarios, por lo que el pictograma tendrá que aludir a dicha imagen, como se muestra en la *figura 75*.

Pregunta 7: ¿Con qué imagen relacionas los desechos orgánicos?

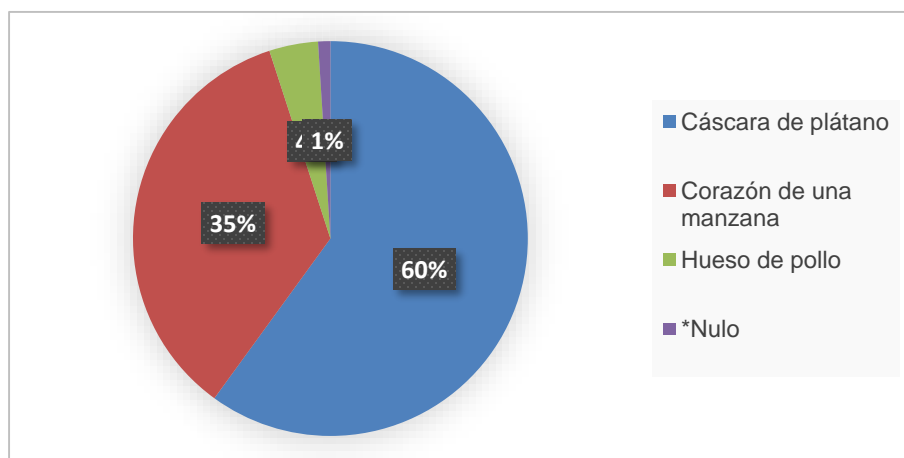


Figura 76. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos orgánicos? elaboración propia.

La mayor parte de los encuestados relaciona los residuos orgánicos con una cáscara de plátano, como se muestra en la *figura 76*, por lo que el pictograma tendrá que aludir a dicha imagen.

Para la realización de los pictogramas se tomarán en cuenta los resultados de la encuesta, por lo que los resultados se presentan en la *tabla 38*.

Tabla 38.

Resultados de la encuesta para la realización de los pictogramas correspondientes.

Pregunta	Opción seleccionada
¿Con qué imagen relacionas los desechos de papel y cartón?	Caja de cartón
¿Con qué imagen relacionas los desechos de metal?	Lata de refresco
¿Con qué imagen relacionas los desechos de vidrio?	Envase de refresco
¿Con qué imagen relacionas los desechos de plástico?	Botella de plástico
¿Con qué imagen relacionas los desechos de difícil aprovechamiento?	Vaso de unicel
¿Con qué imagen relacionas los desechos de sanitario?	Papel de baño
¿Con qué imagen relacionas los desechos de orgánicos?	Cáscara de plátano

En el anexo F se presenta el bosquejo a mano alzada de los pictogramas seleccionados a partir de la encuesta.

5.3.3. Recolección de los residuos generados

Una vez separados los residuos en el almacenamiento in situ, es importante mantenerlos de tal manera hasta el almacenamiento temporal donde el servicio de limpieza de la Ciudad de México se encargará de su gestión.

Para lograr que los residuos se mantengan segregados, se propone la recolección de los desechos por días, es decir se plantea el diseño de un calendario, lo anterior se propone a partir del modelo de recolección de residuos sólidos de la Ciudad de México.



Figura 77. Categorías y días de recolección en la Ciudad de México.

Como se puede observar en la *figura 77*, la Ciudad de México separó los residuos en cuatro categorías: orgánicos, inorgánicos reciclables, inorgánicos no reciclables y de manejo especial y voluminosos; En el plantel se tienen cinco categorías, esto a partir de las islas de separación: orgánicos, plásticos, latas, vidrios y tetra pak, papel y cartón y otros (residuos de aprovechamiento limitado).

La propuesta de recolección por días, está hecha con base a las categorías ya antes mencionadas, es importante precisar que el plantel no cuenta con un día específico de recolección por parte del servicio de limpieza, por lo que complica la asignación del día de recolección de los residuos orgánicos, los cuales, al cabo de algunos días comienzan con el proceso de descomposición, ocasionando malos olores y dificultades en su gestión. En la *tabla 39*, se presenta la propuesta de recolección.

Tabla 39.

Propuesta de recolección de residuos sólidos por día y tipo de residuo.

Días de recolección	Tipo de residuo
Lunes	Plásticos
Martes	Otros
Miércoles	Orgánicos
Jueves	Latas, vidrio y tetra pak
Viernes	Papel y cartón

Los días se pueden adecuar si primero se llega a una resolución con el servicio de limpieza de la alcaldía, lo anterior es con la finalidad de fijar el día o los días para la recolección de los residuos sólidos del plantel.

La propuesta también implica llevar a cabo una reorganización por parte del personal de limpieza del plantel, la cual deberá ser estructurada y acordada por la administración.

Otra idea para llevar a cabo la recolección de los residuos de tal manera que estos no terminen mezclándose es rediseñando el carrito recolector, herramienta fundamental con al que se realiza la recolección de los desechos.



Figura 78. Fotografía del carrito recolector

En la *figura 78* se muestra una fotografía del carrito con el cual se recolecta los desechos generados en las aulas, audiovisuales, sanitarios y en las islas de separación actuales (trillizos), como se puede observar, al carrito se le pone una bolsa de plástico grande, en esta se coloca todos los residuos sin previa separación.

Debido a lo anterior es necesario incorporar al carrito cinco divisiones en cuyos espacios se puedan recolectar los residuos correspondientes a su categoría, en el anexo F se muestra el boceto a mano alzada.

5.4. Almacenamiento temporal

En el almacenamiento temporal se resguardan los desechos generados en el plantel, previos a ser entregados al servicio de limpieza, al igual que en almacenamiento in situ y en la recolección, es primordial mantener los desechos separados, evitando su contaminación.

Actualmente, el plantel deposita los desechos cerca de la entrada del estacionamiento de estudiantes, los residuos se encuentran mezclados, ocasionando que aquellos desechos que pueden ser reciclados pierdan su valor, además, al no contar con una techumbre y al estar completamente a la intemperie, se acelera la descomposición de los desechos orgánicos, generando malos olores y un serio problema de fauna nociva como roedores y cucarachas, como se puede observar en la *figura 79*.



En esta imagen se muestra un gato muerto, ubicado cerca del depósito de basura.



Actual depósito de residuos del plantel

Figura 79. Actual almacenamiento temporal de los residuos del plantel SLT.

Con base en lo anterior, se propone la construcción de un sitio de almacenamiento temporal que sea capaz de almacenar residuos de manera separada (plásticos, orgánicos, metales, vidrio, tetra pack, papel, cartón y otros residuos de difícil

aprovechamiento), además de estar ubicado de tal manera que facilite la entrega de los desechos al servicio de limpieza, deberá contar con suficiente espacio que agilice la descarga de los residuos al camión recolector, el lugar debe estar cubierto para evitar que la lluvia o el sol afecte los desechos almacenados, su construcción debe ser con materiales resistentes al fuego y con pisos impermeables para evitar la filtración de líquidos, asimismo, deberá contar con iluminación y ventilación, el sitio debe estar protegido ante animales domésticos, roedores y personas ajenas, del mismo modo, al lugar debe disponer de agua para su limpieza (SEDESOL, s/f).



Figura 80. Gestión integral de los residuos sólidos de la UAM-Azcapotzalco, Fuente: La jornada ecológica.

A largo plazo, se plantea la construcción de un centro de acopio, una planta de compostaje y un depósito que almacene el unicel, en la *figura 80*, se muestra el almacenamiento temporal implementado por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)

5.4.1. Centro de acopio Uacemita SLT

En la tercera etapa del programa de manejo integral, se plantea la construcción de un centro de acopio en donde se almacenen los residuos tales como papel, cartón, PET, metales, vidrio y tapitas de plástico, cuya venta y donación de los mismos serán gestionados por el comité ambiental, bajo la supervisión de la coordinación del plantel y con mecanismos de transparencia en la gestión de recursos.

Es importante mencionar que el centro de acopio tendrá que estar reconocido por la SEDEMA, por lo que, será necesario respetar los lineamientos señalados por la norma ambiental NADF-024-AMBT-2013.

Previamente a las operaciones del centro de acopio, será indispensable indicar la información representada en la *tabla 40*.

Tabla 40.
Información general del centro de acopio

Ubicación	Prolongación San Isidro 151, San Lorenzo Tezonco, Iztapalapa, 09790 Ciudad de México, CDMX
Predio	Plantel SLT de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México
Superficie utilizable	Especificar en metros cuadrados
Vida útil estimada	Indicar en cantidad de años
Vialidad interna	Indicarla en metros
Área de emergencias	En caso de contar, especificar
Cercado perimetral	Especificar en metros cuadrados
Báscula	Indicar SI o No, y especificar las características del instrumento.
Caseta de vigilancia	Indicar SI o No
Señalización interna y externa	Indicar SI o No
Autorización en materia de impacto ambiental	Es caso de requerir, especificar.
Ingreso de residuos	Cantidad en kg/día
Inicio de operaciones	Indicar el día de operación

Nota: Recuperado de <https://simarsureste.org/wp-content/uploads/2017/11/MANUAL-DE-OPERACION-CENTRO-DE-ACOPIO.pdf>

A continuación, se presenta el plano de un centro de acopio de residuos valorizable, ubicado en el municipio de Mazamitla, en el estado de Jalisco, como se puede observar en la *figura 81*, la infraestructura es sencilla, se tiene un tejaban de madera, sección de contenedores para el depósito de los residuos, además de un sanitario, oficina, cerca perimetral, cisterna y áreas verdes.

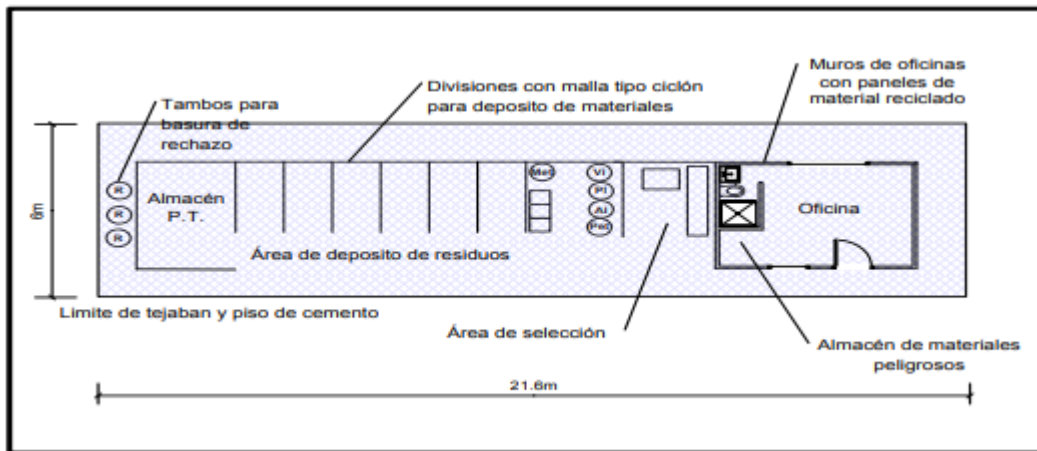


Figura 81. Plano del centro de acopio, Mazamitla. Fuente: Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos Sureste.

El centro de acopio de dicha localidad está constituido de la siguiente manera: la estructura a base de vigas metálicas que soportan el techo de lámina reciclada (materia prima proveniente de plásticos de viveros de alta durabilidad), la cual cubre y protege todo lo que ahí se aloja, las dimensiones son de 6 m por 21.6 m, para un total de 129.6 m², toda el área cuenta con un piso de cemento y las paredes sólidas se encuentran únicamente en área de oficinas, baño y bodegas, en el resto del área techada se encuentra la instalación de tablonés de madera cuyo propósito es la división de los distintos materiales y evitar que estos se dispersen, la bodega tiene la función de almacenar aquellas herramientas que se requieren en el centro de acopio, palas, trinchas, carretilla e incluso materiales y herramientas para la producción de composta.

Los contenedores para el almacenamiento de cada residuo poseen un área de 5.76 m², estos además tienen un color asignado y su adecuado pictograma para facilitar el trabajo del personal a cargo de colocar los residuos en los contenedores.



Figura 82. Centro de acopio de Mazamitla, Jalisco. Fuente: Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos Sureste.

En la *figura 82*, se muestra el centro de acopio de Mazamitla, el cual se puede considerar como ejemplo para la construcción del centro de acopio del plantel SLT, las dimensiones y las áreas como oficina, bodega y baño se adaptarán a partir de las necesidades y recursos económicos con los que cuente el plantel.

Operación del centro de acopio

El comité ambiental deberá considerar los siguientes aspectos en cuanto a la operación del centro de acopio, lo anterior con base en la Guía de Operación de centro de acopio de Voluntariado S1917²² y del documento titulado Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos Sureste:

- Organigrama del centro de acopio: líder de recepción, líder de salidas, líder de logística, líder de comunicación, líder de voluntariado, líder de mantenimiento y responsable del centro de acopio.
- Funciones del responsable del centro de acopio: definir líderes y brigadas, supervisar horarios, capacitar líderes, vigilar cumplimiento de procedimientos, fomentar compañerismo y comunicación, solución de controversias y coordinación de esfuerzos, supervisar inventarios, etc.

²² Organización fundada con motivo de los sismos que azotaron diversas regiones de la República Mexicana el pasado 19 de septiembre de 2017.

- Reglas de liderazgo del centro de acopio: un líder por brigada puede o no tener asistente, reportar el desempeño y necesidades, mantener directorio de líderes, uso de credencial para identificar líderes.
- Diagrama general de interacción
- Principales funciones
- Reglamento interno: disposiciones generales, relativo al acceso, relativo a los residuos (que se acepta y que no de acepta), relativo al personal, relativo al área de descarga, prohibiciones.
- Método de registro de tipo y cantidad de residuos ingresados, los residuos se registrarán al momento de ingresar, por lo que se tendrá una bitácora de registro con la siguiente información, periodo que reporta, nombre del centro de acopio, cantidad de residuos (kg), tipo de residuo, desglose de gastos e ingresos, posteriormente los residuos serán pesados, para después dirigirse al área designada para cada tipo de residuo.
- Planes de contingencia
- Reportes mensuales
- Proceso para materiales: recibir, clasificar, cuantificar, registrar el material, compartir la información del ingreso de material, distribuir material a cada líder.

Los puntos antes mencionados se deberán adaptar a partir de las características y recursos con los cuales disponga el plantel.

5.4.2. Planta de compostaje

Aunado a lo anterior, será necesario la construcción de una planta de compostaje, con fundamento en lo publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en el manual de compostaje del agricultor, los factores claves a la hora de tomar la decisión en cuanto al sistema a implementar, dependerá de los siguientes puntos:

- Tiempo de proceso

- Requisitos de espacio
- Seguridad higiénica requerida
- Material de partida (ausencia o presencia de material de origen animal)
- Condiciones climáticas del lugar (temperaturas bajo cero, vientos fuertes, lluvias torrenciales u otros eventos climáticos extremos)

Para el diseño de las instalaciones de compostaje se debe asegurar que el proceso se desarrolle adecuadamente, con el propósito de minimizar, los siguientes aspectos:

- Los impactos sobre el entorno natural de acuerdo con su ubicación: emisiones, lixiviados, polvo, etc.
- Posibles molestias a ciertos grupos o núcleos habitados más próximos a la instalación: malos olores y ruido.
- Vías de acceso (impacto de tráfico)
- Proximidad de las redes de suministro de agua, electricidad y drenaje.

Entre otros puntos es necesario considerar la infraestructura mínima de instalación:

- Zona de seguridad perimetral
- Dimensionamiento de la planta, para ello es indispensable: conocer los residuos que tratará, tiempo necesario para obtener la composta, sistema tecnológico a implementar, maquinaria disponible, reducción de volumen en el proceso, espacio para el procesamiento y almacenamiento.
- Pavimentación de las zonas de procesamiento y almacenamiento.
- Zona diferenciada entre entrada de residuo orgánico y salida de composta.
- Zona de limpieza y desinfección.
- Báscula
- Zona de almacenamiento de residuos generados
- Sistemas de recogida y gestión de lixiviados, aguas sucias y pluviales.
- Sistemas de control de proceso de compostaje: temperatura, oxígeno, pH, etc.

En una planta de compostaje se puede diferenciar las siguientes etapas, como se muestra en la *figura 83*.

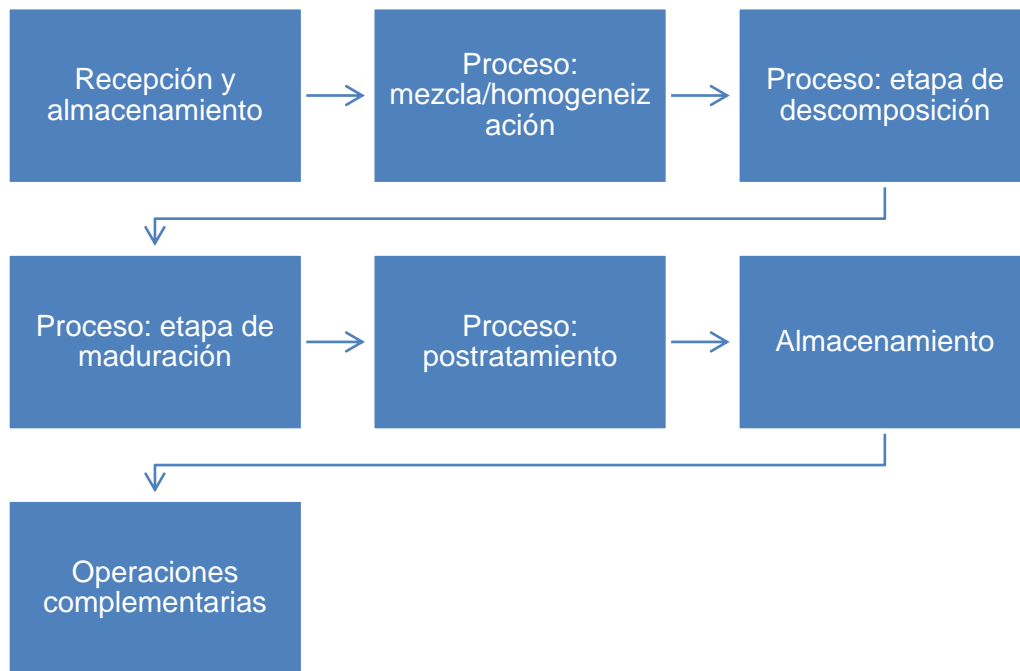


Figura 83. Etapas y operaciones en una planta de compostaje. Fuente: Guía práctica para el diseño y la explotación de plantas de compostaje, Generalitat de Catalunya, 2016.

El compostaje brinda la oportunidad de transformar los residuos orgánicos en un insumo para el cuidado y fortalecimiento de los jardines y áreas verdes del plantel.

5.4.3. Disposición de unigel

La Asociación Nacional de Industrias de Plástico (ANIPAC) y la Asociación Nacional de la Industria de la Química (ANIQ), estiman que, en México, el consumo nacional de unigel es de 125 mil toneladas anuales, 25% del total se destina a la producción de artículos desechables para la industria alimenticia y el 75% es enviado al área de construcción y embalaje.

Debido a sus características, bajo costo y practicidad, los productos de unigel se perfilan como una excelente opción para transportar y almacenar alimentos, sin embargo, estos productos están diseñados para ser de un solo uso, por lo que su vida útil dura unos

escasos minutos y su degradación es de aproximadamente de 800 a 1600 años en degradarse (Infobae, 2020).

Con relación a los resultados derivados del muestreo, el 49% de los residuos generados en aulas son de aprovechamiento limitado, en donde el unicel es uno de ellos, por lo que, es común observar entre la población universitaria, el traslado y resguardo de alimentos en unicel, que, al ser desechado dentro de las instalaciones universitarias, su correcta gestión queda en manos de la institución.

El primer objetivo del MIRSU, es la minimización en la generación de desechos, particularmente de plásticos y de residuos de aprovechamiento limitado, como el unicel, por ello se impulsó la campaña *Uacemitas SLT ¡Adiós al plástico!*

Como en todo proceso, la disminución en la generación de los residuos se logrará de manera gradual, esto dependerá de la eficiencia en la campaña, las políticas públicas implementadas en la Ciudad de México y en gran medida de la educación ambiental, esto obliga a analizar otras medidas de gestión, la adecuada segregación de los desechos es un elemento vital para el manejo integral de los residuos, con ello se promueve la valorización de los desechos como el reciclaje.

Rennueva, es una empresa mexicana creada por estudiantes de la UNAM, ubicada en la alcaldía de Cuauhtémoc en la Ciudad de México, su principal objetivo es el desarrollo e implementación de tecnologías para el ambiente, cuenta con la autorización ambiental por la SEMARNAT y la SEDEMA para el reciclaje de residuos de poliestireno.

Dada la experiencia que posee la empresa en manejo de residuos de unicel y su ubicación en la Ciudad de México, se convierte en una alternativa para la gestión de residuos del plantel SLT.

Una de las alternativas a la gestión del unicel es su segregación, esto permitirá reducir aún más los desechos enviados al relleno sanitario, disminuyendo de manera considerable el impacto ambiental.

Para llevar a cabo la separación del unicelel será necesario ubicar espacios estratégicos para su almacenamiento y su traslado al centro de acopio o empresa, como es sabido, el unicelel es un producto ligero, pero de volumen considerable, por lo que su resguardo tiene que contemplar tal característica.



Figura 84, Contenedor de unicelel. Fuente: Rennueva.

En la *figura 84* se muestra un contenedor utilizado por la empresa Rennueva, el cual alberga solo unicelel, tal y como se observa, el contenedor cuenta con ruedas, las cuales facilitan su traslado.

5.5. Estudio de mercado

Además de las ventajas sociales, ambientales y de salud, la separación de los residuos reciclables permite generar recursos económicos, la venta de estos desechos permitirá la entrada de ingresos, los cuales serán utilizados bajo mecanismos de transparencia y con el propósito de beneficiar a la comunidad universitaria del plantel, en primera instancia se sugiere emplear el recurso monetario en el desarrollo y mantenimiento del programa.

Por tal motivo, en el presente apartado se realizó un estudio de mercado, se realizó una búsqueda en plataformas digitales sobre empresas dedicadas a la compra de residuos reciclables, con el fin de consultar los precios, en la *tabla 41* se muestra una comparación de costo por kilogramo de residuo.

Tabla 41.

Precio por kg de diferentes tipos de residuos

Tipo de residuo	Empresas		Informal	Promedio de
	METALESZI	Suprareciclaje	Tecomilt	costo
Latas de aluminio	\$16.00	\$18.00	\$14.00	\$16
Botellas de PET	\$3.00	\$2.50	\$4.00	\$3.16
Cartón	\$1.10	\$1.40	-	\$1.25
Papel	\$2.00	\$0.80	-	\$1.4
Vidrio	\$0.00	\$0.10	-	\$0.10
Tapitas de plástico	-	\$2.80	-	\$2.80

Los costos mostrados en la tabla anterior corresponden al año 2019, por lo que están sujetos a cambios, es importante mencionar que, al momento de considerar a un comprador, se necesita conocer si ofrece servicio de recolección y bajo qué condiciones.

Considerando las siguientes hipótesis:

Generación anual de residuos en aulas: 12393.15 kg

El 23% del total de residuos es PET²³

A partir de la generación en las aulas, se estima que al año se produce en el plantel 2850.43 kg de residuos PET, por lo que, al tomar como base el costo promedio por kg, el plantel tendría un ingreso de aproximadamente \$9007.36 por la venta del PET generado en un año.

²³ A partir del muestreo realizado

Actualmente este ingreso no se ve reflejado, los residuos no se separan ocasionando que todos aquellos que pueden comercializarse pierdan su valor.

5.6. Otros residuos

Además de los RSU, el plantel también es generador de residuos peligrosos y de manejo especial.

5.6.1. Residuos de manejo especial

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), define a los residuos de manejo especial (RME) como aquellos generados por procesos productivos, los cuales no son considerados como RSU o residuos peligrosos, ejemplo de este tipo de residuos son: aparatos electrodomésticos, eléctricos, vehículos automotores al finalizar su vida útil, por mencionar algunos.

El gobierno de la CDMX a través de la SEDEMA, ha implementado programas para la recolección y manejo de los RME, los cuales se presentan en la figura 85.

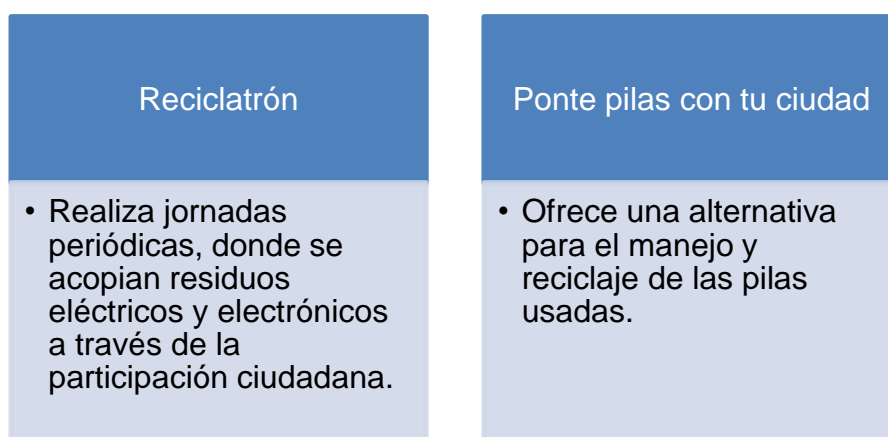


Figura 85. Programas para el manejo de RME. Fuente: SEDEMA.

En el trabajo realizado en la asignatura energía de los desechos sólidos, impartida en el semestre 2019-I, se realizó un muestreo del tipo de residuos generados en los

laboratorios del edificio B del plantel SLT, dicho trabajo fue realizado por la estudiante en ingeniería en sistemas energéticos, Estefanía Ávila Ramírez.

A continuación, se describen las aulas donde se generan RME.

- Los laboratorios ubicados en las aulas B-401 y B-402, están a cargo del Ing. Ricardo Zamora Paredes, en estos espacios se realizan trabajos e investigaciones en el área de electrónica, en el turno matutino asisten alrededor de 100 alumnos por día.
- El laboratorio ubicado en el aula B-403 está bajo la responsabilidad del profesor Juan Carlos Martínez Rosas, este laboratorio es de robótica y asisten 4 personas al día.
- El laboratorio localizado en el salón B-404 se analizan redes de computadoras y otros sistemas de telecomunicaciones, el profesor responsable es Yazbek Buen Día, la asistencia al día es de 20 personas, las actividades realizadas en este espacio generan residuos de fibra óptica, los cuales hasta el momento se almacenan.

Con fundamento en la normatividad aplicable, los RME necesitan tratamientos específicos, debido a su composición en los cuales se encuentran metales pesados y otros materiales tóxicos contaminantes, por ello es necesario su correcta gestión, en la página oficial de la SEDEMA, se encuentra un directorio de centros de acopio de materiales provenientes de residuos en México, con el propósito de disponer adecuadamente de ellos.

5.6.2. Residuos peligrosos

Los residuos peligrosos son todos aquellos que tienen de las siguientes características: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confiera peligrosidad, como los envases, recipientes,

embalajes y suelos que hayan sido contaminados, lo anterior con fundamento en la LGPGIR.

El plantel SLT cuenta con distintos laboratorios, entre ellos el laboratorio de investigación clínica y biología molecular, ubicado en el edificio B (B-405), la profesora Guadalupe de Dios es la responsable de este espacio, el cual asisten 6 personas al día, los residuos son punzo cortantes e infecto contagiosos, como es el caso de la sangre que tiene que ser neutralizada con cloro.

En el aula B-406, se ubica el laboratorio de Ciencias y Tecnologías Sustentables, el profesor a cargo es el investigador Rogelio Mendoza Pérez, en este espacio se realiza investigación para el desarrollo de nuevos materiales, automatización y control de procesos para la fabricación de módulos fotovoltaicos, dentro de los procesos se forman distintos residuos químicos como: acetona, telurio de cadmio y cloruro de cadmio por mencionar algunas, de acuerdo con la entrevista realizada por la estudiante Estefanía Ávila Ramírez durante el semestre 2019-I, se sabe que los residuos generados en este laboratorio se han almacenado.

El plantel SLT, como generador de residuos peligrosos deberá atender lo enunciado por la LGPGIR:

- Artículo 41

“Los generadores de residuos peligrosos y los gestores de este tipo de residuos, deberán manejarlo de manera segura y ambientalmente adecuada”

- Artículo 42

“Los generadores y demás poseedores de residuos peligrosos, podrán contratar los servicios de manejo de este tipo de residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (...). La

responsabilidad del manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponden a quien los genera.”

Para llevar a cabo la adecuada gestión de los residuos peligrosos, será necesario realizar un estudio que describa detalladamente los residuos generados en los laboratorios, así como el realizar una estimación sobre la generación de este tipo de residuos al año.

Con base en la LGPGIR, es necesario clasificar que tipo de generador es el plantel SLT, existen disposiciones legales diferenciadas por categoría de generador de residuos peligrosos.

En la página oficial de la SEMARNAT, se puede consultar un directorio de empresas autorizadas para la gestión de residuos peligrosos.

5.7. Mantenimiento y seguimiento del programa de separación

El programa para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU), contiene distintos elementos que deben ser evaluados de manera periódica, como parte de las propuestas, se menciona la creación de un comité ambiental, el cual tendrá que estar constituido por profesores, personal de intendencia, administrativos y estudiantes, el propósito de estar integrado por las distintas áreas es la búsqueda de mejoras desde diferentes perspectivas: operación, incorporación de nuevos indicadores, especificaciones de insumos, desarrollo de temas de educación ambiental, etc.

El comité ambiental será un organismo vinculado con la coordinación y el consejo del plantel, su principal función será mantener y dar seguimiento al programa de residuos sólidos en sus tres etapas: Generación, separación y valorización.

- Generación: Es importante vincular al plantel con instituciones que cuenten con experiencia en planeación e implementación en temas de educación ambiental

como es el caso del CECADESU, SEDEMA y otras organizaciones no gubernamentales.

- Separación: Para evaluar la eficiencia de separación de los RSU, será indispensable la realización de muestreos de manera periódica. los cuales se apegarán a la norma mexicana NMX-AA-15-1985 “Método de cuarteo”, la eficiencia de separación también considera al área de almacenamiento temporal, por lo que, es indispensable monitorear la separación de los residuos durante la recolección de las islas.
- Valorización: Al tener una eficiencia de separación alta, la valorización de los RSU se facilita, la comercialización de los residuos reciclables se agiliza, el análisis de los residuos orgánicos se vuelve más práctico, estos a su vez permitirán que en algunas áreas logren desarrollar proyectos como biodigestores, composta, biocombustibles, etc.

Con el objetivo de medir los avances en la disminución de generación de residuos de aprovechamiento limitado y la eficiencia de separación en el plantel, es necesario el uso y creación de indicadores.

Tabla 42.
Indicadores para el MIRSU

Objetivo	Nombre del indicador	Fórmula del cálculo
Reducir la generación de residuos sólidos	Generación de residuos per cápita	Generación promedio de residuos al día/número de personas en el plantel
Reducir la generación de residuos de aprovechamiento limitado	Porcentaje de residuos de aprovechamiento limitado en aulas	Generación total de residuos en aulas /generación de residuos de aprovechamiento limitado
Medir la eficiencia en separación de residuos	Eficiencia en separación	(Cantidad de residuos acorde al contenedor*100)/cantidad total de residuos en el contenedor.

Disminución de consumo de unigel	Porcentaje de unigel en los contenedores de residuos de aprovechamiento limitado	$(\text{Cantidad total de unigel} * 100) / \text{cantidad total de residuos de aprovechamiento limitado}$
----------------------------------	--	---

Los indicadores mencionados en la *tabla 42*, se tendrán que adaptar de acuerdo a los distintos escenarios que se pueden presentar al momento de cuantificar los residuos.

La generación de residuos per cápita puede ser evaluado en un periodo de seis meses o anual, el evaluar cuanto unigel se genera permitirá analizar la posibilidad de crear espacios estratégicos para la recolección exclusiva de unigel y considerar la propuesta de reciclaje de dicho producto.

La gestión de los recursos económicos generados por la comercialización de los residuos reciclables, tendrá que ser reflejada en la compra de insumos indispensables para el mantenimiento de las islas de separación, pintura, tornillos, guantes, entre otros.

Capítulo VI. Oportunidades de aprovechamiento energético de los Residuos Sólidos Urbanos en el Plantel San Lorenzo Tezonco

El aprovechamiento energético de los RSU se clasifica prácticamente en dos grupos: tratamiento térmico y tratamiento biológico.

En cuanto al tratamiento térmico, es imprescindible contar con tecnologías de incineración, las cuales son de alta inversión y costos elevados de operación, por lo que esta alternativa no es viable para el plantel.

Por otro lado, el tratamiento biológico parece ser una opción factible, a partir de los resultados obtenidos en el muestreo, una zona de alto potencial para la valorización energética es el comedor, donde el 73% del total de residuos generados son orgánicos, estos pueden ser sometidos a un proceso natural mediante microorganismos como bacterias u hongos.

6.1. Biogás

Los residuos orgánicos provenientes de cocina y jardín, separados desde su origen, se suponen una fuente idónea de sustrato para la digestión anaerobia, pero es necesario tomar en consideración que las fluctuaciones de la composición del sustrato utilizado durante el año y las altas cantidades de impurezas ocasionan variaciones en el rendimiento del metano (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GIZ, 2017).

Los desechos producidos en el comedor del plantel son principalmente restos de cocina: flor de Jamaica, hojas de té, huesos de pollo, cascarás de naranja, cascarás de huevo, y hojas de lechuga, etc.

Como se puede ver en la *tabla 43*, el rendimiento para los desechos de cocina y jardín se encuentra en un 40 a 100 bajo las siguientes condiciones: 0 °C, 1.01325 bar y humedad relativa del gas de 0°C por tonelada de peso húmedo de sustrato, por lo que la disponibilidad y composición del sustrato (velocidad de carga orgánica, relación carbono nitrógeno), temperatura del sitio y presión son elementos que se deben contemplar al momento de diseñar un digestor.

Tabla 43.

Rendimientos de metano y energía de sustratos de residuos orgánicos.

Sustrato	Rendimiento de metano [Nm ³ CH ₄ por t _{hum}]	Rendimiento de energía [MJ por t _{hum}]
Aguas residuales	15	570
Residuos de cocina y jardín	40-100	1510-3780
Residuos frutales	60	2270
Residuos de rastro	50	1890
Estiércol de ganado	32	1210
Pasto	90	3400

Nota: Recuperado de: Aprovechamiento energético de los residuos, GIZ, 2017.

El biogás es un biocombustible alternativo al combustible fósil, por lo se reduce las emisiones de GEI, además durante la digestión anaerobia, se produce un fertilizante orgánico, pero es ineludible vigilar que no posea metales pesados o patógenos.

La operación del biodigestor debe ser monitoreada, la fuga de biogás representa un riesgo ambiental, ya que el potencial de calentamiento global del metano CH₄ es aproximadamente 21 veces mayor el dióxido de carbono CO₂, por lo que se debe asegurar su correcto funcionamiento.

El plantel SLT, cuenta con la materia prima para la generación de biogás, la cantidad y la calidad de este biocombustible, dependerán de la composición de los residuos orgánicos, el diseño del biodigestor y el clima del lugar donde se implementará.

6.2. Bioetanol

El bioetanol es un combustible líquido que se forma a partir de materia orgánica, puede obtenerse a partir de azúcares fermentables, almidón, celulosa y polisacáridos, es una fuente de energía alterna a la gasolina, amigable con el ambiente al ser biodegradables y su materia prima puede ser de fácil disponibilidad (Red Mexicana de bioenergía, 2020).

A nivel global se estima que para el 2030, aumente la demanda de biocombustibles líquidos en el sector transporte hasta en un 60%, además puede contribuir a la mitigación de GEI, al crecimiento de empleos y al desarrollo rural (Red Mexicana de bioenergía, 2020).

Para la producción de bioetanol es necesario realizar un estudio de los residuos orgánicos del plantel, la biomasa a implementar debe convertirse en moléculas de azúcares y posteriormente durante la fermentación se transforme al alcohol (Santos Aguilar & Zabala García, 2016).

Las características que se deben considerar son:

- Cantidad de residuos
- Frecuencia de generación de residuos
- Sólidos solubles totales
- Azúcares totales
- PH

Hoy por hoy, la producción de bioetanol proviene principalmente de la caña de azúcar y el maíz, ambas materias pueden afectar la seguridad alimentaria, por lo que la producción de bioalcoholes a partir de residuos orgánicos sólidos representa una alternativa con altas expectativas.

La bioenergía es un área estratégica que promueve la transición hacia un modelo sustentable, brinda numerosos beneficios desde distintos enfoques, social, económico y ambiental.

Capítulo VII. Resultados

7.1. Propuesta de manejo

El Programa para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el plantel SLT de la UACM (MIRSU), se encuentra dentro del proyecto Tezonco Sustentable, diseñado e implementado por la Dra. Ma. Claudia Roldan Ahumada, sus ejes de acción son transversales, la finalidad del proyecto es satisfacer las necesidades del plantel a partir del concepto sostenibilidad/sustentabilidad, en las distintas dimensiones: sociales, ambientales, tecnológicos, etc. El MIRSU se estructuró en tres etapas: generación, separación y valorización, cada una con un objetivo específico.

Antes de llevar a cabo la estructuración del programa se realizó un muestreo, cuyo propósito fue el conocer la composición y cantidad de los RSU generados del plantel.

La primera etapa tiene por objeto disminuir la generación de RSU, principalmente plásticos y de aprovechamiento limitado, esto con fundamento en la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal y norma ambiental NADF-024-AMBT-2013.

Para lograr el primer objetivo se propone:

- La vinculación del plantel con distintas instituciones públicas, organizaciones no gubernamentales, o asociaciones civiles que cuenten con experiencia en temas de educación ambiental
- Realización de campañas de concientización
- Capacitaciones continuas

La segunda etapa tiene por objetivo la separación de los RSU del plantel, lo anterior con base en la norma ambiental NADF-024-AMBT-2013, las propuestas para dar cumplimiento a la segunda fase del programa son las siguientes:

- Diseño de islas de separación (elección y boceto de pictogramas, color y reestructura de los contenedores)
- Reubicación y eliminación de algunas islas de separación

En la tercer y última etapa se busca la valorización de los residuos sólidos, en primera instancia se propone la creación de un almacenamiento temporal, el cual permita el resguardo y segregación de los residuos, estos a su vez podrán ser comercializados, generando recursos económicos que contribuyan al desarrollo y mantenimiento del programa, como meta a largo plazo se plantea la construcción de un centro de acopio y una planta de compostaje, en caso de ser necesario, se propone la recolección estratégica del unicel y su traslado a centros de acopio para su reciclaje.

7.2. Propuesta de seguimiento y mantenimiento

La principal propuesta de seguimiento y mantenimiento es la creación de un organismo llamado comité ambiental, el cual estará formado por profesores, personal de intendencia, administrativos y estudiantes, ellos evaluarán el funcionamiento del programa de manera periódica y se encargarán de llevar a cabo las actividades en cada una de las etapas

El comité tendrá un representante o líder general, el cual se encargará de coordinar los roles y responsabilidades de cada miembro, así como de validar la información publicada por el comité.

Para medir los avances del MIRSU será necesario la construcción de indicadores que evalúen la generación y separación de los residuos, estos permitirán justificar las modificaciones al programa, el comité ambiental estará sujeto a la coordinación y consejo del plantel. De la misma forma, el comité estará a cargo de revisar de manera continua la infraestructura con las que cuenta el MIRSU: islas de separación, almacenamiento temporal, centro de acopio y planta de compostaje.

Los recursos económicos generados a partir de la comercialización de los residuos reciclables serán gestionados por el comité a través de mecanismos de transparencia, estos tendrán que ser destinados al mantenimiento del programa.

Un aspecto a considerar es la búsqueda de un financiamiento con instituciones sin fines de lucro, que contribuyan al mejoramiento, seguimiento y mantenimiento del MIRSU, este punto debe ser evaluado con suma atención, no debe violentar el modelo, los organismos y principios propios de la UACM.

7.3. Análisis de la propuesta

EL Programa para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el plantel SLT de la UACM (MIRSU), es una primera pauta de gestión, las propuestas que se presentan pueden ser adaptadas a distintos escenarios, principalmente económicos y de infraestructura, el desarrollo de cada una de las propuestas puede ser gradual, dependiendo del grado de prioridad, el programa descrito abarca los cinco elementos que todo plan de gestión de residuos debe contener: disminución en la generación, separación, recolección, disposición, aprovechamiento y valorización, los cuales están fundamentadas en leyes y normas de carácter federal y local.

El proyecto Tezonco Sustentable y particularmente la propuesta de gestión de los residuos hace frente a la actual crisis ambiental por la que está pasando México y el mundo, se promueve las 3 R's básicas de una economía circular: reducción, reutilización y reciclaje de los residuos.

Es importante recalcar que el otorgamiento de un recurso económico puede contribuir en el funcionamiento, seguimiento y mantenimiento del programa, por lo que será menester incluir dentro de los gastos ineludibles del plantel la operación MIRSU, asimismo se debe contemplar la búsqueda de financiamiento mediante organismos locales, federales e internacionales.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) enfatiza en que todo generador tendrá que hacerse responsable de la adecuada gestión de los residuos, el plantel SLT al no implementar un programa o plan de manejo, estaría agravando un problema con afectaciones ambientales, sociales, económicas y de salud pública.

Conclusiones

La gestión de los residuos sólidos es un tema que se debe atender con un alto grado de urgencia, en el contexto internacional, la Agenda 2030 menciona 17 Objetivos para el Desarrollo Sostenible, los indicadores formulados permiten evaluar la generación de residuos, partiendo de tres labores básicas, reducir, reutilizar y reciclar, asimismo, a nivel nacional se plantean acciones dirigidas hacia la sustentabilidad y en la Ciudad de México se han implementado programas para mejorar la gestión de los desechos.

Actualmente, el plantel SLT de la UACM no cuenta con un programa de manejo integral de los RSU, no se han implementado campañas para reducir la generación de desechos, los residuos se depositan en contenedores sin una previa separación y no se tiene un almacenamiento temporal, todo lo anterior ocasiona graves problemas medioambientales y de salud pública.

La propuesta de un programa para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU) en el plantel, busca formar parte del proyecto Tezonco Sustentable y a partir del análisis de la normatividad aplicable se establece las pautas para diseño y estructuración del programa.

El MIRSU se compone de tres etapas, generación, separación, aprovechamiento y valorización, en cada una de ellas se proponen acciones que promueven el adecuado manejo de los residuos, para llevar a cabo la estructuración de dichas etapas, se realizó un muestreo, en el cual se zonificó el plantel en tres áreas: comedor, aulas y cubículos de profesores.

La zonificación se planteó a con el propósito de identificar el tipo y cantidad de residuos generados en el plantel, en cada área el personal de limpieza recolectó los desechos en bolsas negras y se les colocó una etiqueta con los siguientes datos: nombre de quién recolectó, lugar y día de la recolección, esto permitió llevar a cabo el muestreo de una manera organizada.

Se realizaron tres muestreos, uno por cada zona, el procedimiento se ejecutó de acuerdo a la normatividad vigente, en esta actividad colaboraron de manera activa cinco personas, las cuales se encargaron de identificar el tipo y la cantidad de residuos generados.

Al realizar el muestreo, se logró determinar la generación per cápita y el porcentaje en peso de los RSU para cada zona del plantel, se recolectó un total de 111.65 kg de residuos de los cuales, el 50% son inorgánicos de aprovechamiento limitado y cuya generación per cápita es de 0.012 kg/persona/día; En comedor se recolectó un total de 199.2 kg de desechos, de estos el 73% es residuo orgánico y en esta zona la generación per cápita es de 0.092 kg/usuario/día; En cubículo de profesores se recolectó un total de 57 kg de residuos, de estos el 26 % son inorgánicos de aprovechamiento limitado y la generación per cápita es de 0.062 kg/profesor/día.

A partir de los datos recabados, se estimó la generación de residuos para cada zona, en aulas se calcula que la generación de desechos al año es de aproximadamente 12393.15 kg, en la zona del comedor se genera al año aproximadamente de 7370.4 kg y la zona de cubículos de profesores se calcula una generación anual de 4218 kg de residuos, la suma es de un total de 23981.55 kg de desechos generados y cuya composición en gran parte es de residuos inorgánicos de aprovechamiento limitado, y como se sabe, el principal problema para este tipo de desechos son las escasas alternativas para su valorización.

Al determinar el tipo de residuos generados en el plantel y en relación con el trabajo realizado por el programa universitario de medio ambiente de la UNAM, se propuso en primer lugar, la realización de islas de separación tal y como lo ha implementado dicha institución, lo cual implica la compra de nuevo material y la contratación de un servicio para la elaboración de las islas, pero también se propuso la opción de reutilizar los contenedores del plantel, para ello, también es necesario adquirir materiales para modificar su estructura.

En cuanto al diseño de las islas, se realizó una encuesta a cien personas, las cuales decidieron el pictograma que mejor representa cada tipo de residuos, para orgánicos el pictograma seleccionado es la cascará de plátano, para plásticos el pictograma elegido es una botella de agua, para los residuos de papel y cartón se eligió una imagen de caja de cartón, para los residuos de vidrio, tetra pak y metal se seleccionó una lata de refresco y finalmente, el pictograma elegido para los residuos de aprovechamiento limitado es un vaso de unicel, en cuanto al color de cada contenedor se recomienda utilizar como modelo a seguir las islas de separación de la UNAM , verde para orgánico, azul para plásticos, amarillo para vidrio, tetra pak y metal, café para los residuos de papel y cartón y el color gris para los inorgánicos de aprovechamiento limitado.

Un elemento clave para el correcto funcionamiento del programa es la implantación de cursos enfocados en la educación ambiental, y en la realización de campañas para la reducción de residuos de inorgánicos de aprovechamiento limitado, para ello se propuso la vinculación del plantel con organismos que cuenten con experiencia en el área de educación y cultura ambiental, como es el caso de CECADESU de la SEMARNAT y SEDEMA, además se consideró la creación de campañas tales como Uacemitas ¡Adiós al plástico! cuyo objetivo es disminuir el uso de plásticos de un solo uso, particularmente de bolsas y unicel, lo anterior en concordancia con la nueva normatividad ambiental en al CDMX, asimismo se implementó el trueque ambiental, cuyo objetivo es la segregación de los residuos y el reciclaje de los mismos, el trueque se puso en marcha en el semestre 2019- II en colaboración con el programa de energía.

Como una de las estrategias para un uso sustentable de los recursos que dispone el plantel, se propone el desarrollo de un manual de eventos sustentables, en el anexo B se presenta un borrador, el cual deberá trabajarse con los diferentes colegios del plantel, asimismo se sugiere realizar un listado de compras verdes²⁴, otras de las acciones que se proponen es la creación de un centro de acopio y una planta de compostaje, estas

²⁴ Las compras verdes y socialmente responsables se caracterizan por la integración de aspectos ambientales, sociales y éticos al momento de realizar una compra o contratar un servicio, para más información consulte: <http://istas.net/descargas/Las%20compras%20verdes%20y%20socialmente%20responsables.pdf>

últimas promueven la correcta separación de los desechos, el reciclaje y la valoración de los residuos orgánicos para la obtención de abono rico en nutrientes.

Aunado a lo anterior, se plantea la creación de un almacenamiento temporal de los RSU, así como un centro de acopio y la creación de un comité ambiental que se encargue de evaluar, coordinar, monitorear y promover el programa, dicho comité estará integrado por docentes, estudiantes, administrativos y personal de intendencia, con el propósito de tener distintos enfoques y buscar soluciones y propuestas integrales que permitan el crecimiento de programa.

Por otra parte, se plantea la valoración de los residuos orgánicos como materia prima para generar energía, en México se busca la diversificación de la matriz energética a partir de la participación de las energías renovables, una de ellas es la bioenergía, la cual a través de tecnologías tales como los biodigestores, son una excelente opción para la obtención de metano (CH₄).

Los resultados obtenidos a partir del muestreo, proporciona información para la realización de un primer diseño de biodigestor en el plantel, el 73% de residuos generados en el comedor son orgánicos, en aulas y cubículos también se genera este tipo de desecho, el cual es considerado como la materia prima para la generación de energía (CH₄) a pequeña escala, es importante mencionar, que antes de la implementación de un biodigestor en el plantel, es necesario conocer las características de los residuos orgánicos con la finalidad de estimar la generación de metano por cada kilogramo de desechos, además, la temperatura es uno de los factores que deberán de considerar a la momento de ubicar el biodigestor.

Hoy por hoy, el agotamiento de los recursos naturales, particularmente de combustibles fósiles, los impactos globales al medio ambiente derivado de la producción de energía, los crecientes costos del petróleo y la demanda de la seguridad energética, son factores que impulsan las inversiones en energías renovables, eficiencia energética y tecnologías de energías limpias (United Stated Agency, 2014).

El diseño de un programa de manejo integral de los RSU para el plantel SLT de la UACM, fue todo un desafío, la recolección y almacenamiento de los residuos para llevar a cabo el muestreo representó un trabajo colectivo entre el personal administrativo, el personal de limpieza y estudiantes, los datos obtenidos de dicha actividad permitieron determinar la generación per cápita y el porcentaje en peso de cada tipo de residuos, además de proponer un diseño de islas de separación, cada una de las etapas del programa, generación, separación almacenamiento y valorización, están diseñadas conforme a la normatividad vigente.

El presente trabajo busca formular acciones que permitan enfrentar un problema real y de carácter urgente, hoy más que nunca es necesario reflexionar sobre la crisis ambiental en la que vivimos, la actual contingencia sanitaria derivada del COVID-19, es un claro ejemplo de lo que el ser humano está haciendo con su entorno, estudios recientes indican un estrecha relación entre la invasión y deterioro de ecosistemas con la zoonosis²⁵, por lo que, los asuntos ambientales están vinculados con temas de salud pública. Por otro lado, las emisiones de gases de efecto invernadero originadas por el inadecuado manejo de residuos sólidos acentúan el problema global del cambio climático, este fenómeno tiene un impacto directo con la humanidad, en México, el INECC ha desarrollado un Atlas de Vulnerabilidad al Cambio Climático, en el cual se muestran los municipios con altas posibilidades de sufrir los estragos del cambio climático como inundaciones, estrés hídrico y deslaves.

Como futura ingeniera en sistemas energéticos, es fundamental mirar los problemas que aquejan a mi comunidad desde diferentes ángulos, social, económica, tecnológica y ambiental, por lo que, considero que el MIRSU es un programa prioritario para el plantel, brinda una solución en cuanto a la gestión de los RSU, con base al artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, es vital garantizar el derecho a un medio ambiente sano, el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 fija metas de desarrollo sustentable para el país, lo cual implica que los programas sectoriales tendrán

²⁵ De acuerdo con lo publicado por la ONU- Programa para el Medio Ambiente ¿Coronavirus, llegó para quedarse? Artículo publicado el 3 de abril de 2020.

que adherirse a partir de dicho concepto, por otra parte, en el contexto internacional, México tiene la responsabilidad de construir políticas y mecanismos que vigilen el cumplimiento de los 17 objetivos para el desarrollo sustentable, la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, al ser un centro de formación de futuros profesionistas, tiene la responsabilidad de ofrecer un espacio de reflexión crítica-constructiva en donde se desarrolle la capacidad de entender la complejidad de problemas ambientales, desde una educación transformadora y con ello es necesario impulsar proyectos que contribuyan al bienestar de la sociedad, de la nación.

Anexos

Anexo A: Muestreo preliminar

Los datos aquí mostrados fueron recabados por estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Energéticos durante el curso Bioenergía de los desechos sólidos semestre 2019-I, con la asesoría de la Doctora Ma. Claudia Roldan Ahumada, profesora del Programa de Energía, de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Los estudiantes que realizaron el muestreo son: Ávila Ramírez Estefania, Fuentes Ayala Lucero, González Ramírez Jesús, González Malvaez Miguel Ángel, Rojas Robles Edgar y Pantoja López Shirla Michelle.

Zonificación del caso de estudio

Lugar de implementación: Plantel San Lorenzo Tezonco, calle Prolongación San Isidro No. 151, Colonia San Lorenzo Tezonco, Alcaldía Iztapalapa, Ciudad de México, C.P. 09790. Con el propósito de estimar la generación per cápita de los residuos sólidos en el plantel, se realizó una zonificación con el objetivo de delimitar las áreas donde se encuentran comúnmente los estudiantes, los docentes y el personal administrativo.

La zonificación quedó conformada de la siguiente manera²⁶:

²⁶ Un aspecto que se consideró en gran medida para la elección de las áreas y la zonificación fue la colaboración de la comunidad universitaria, los cubículos de profesores se consideraron, pero debido a cuestiones administrativas no se facilitó la recolección de los residuos en dicha área.

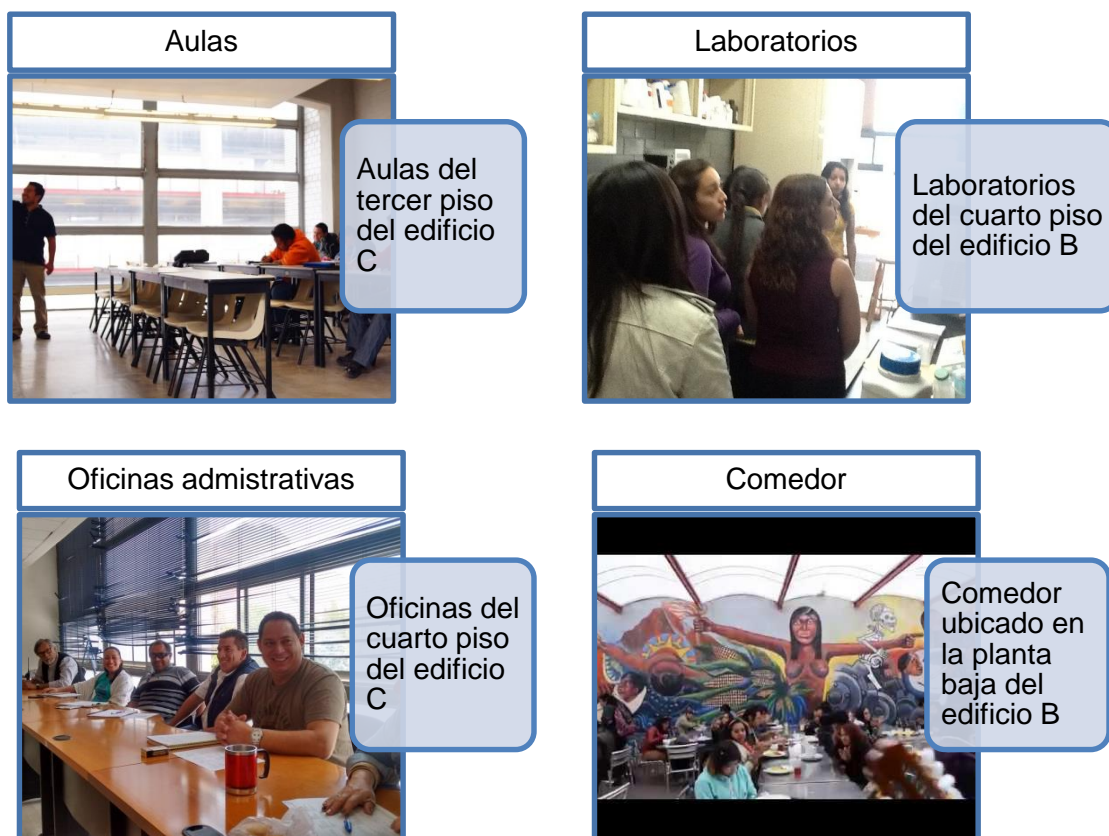


Figura 86. Zonificación del plantel San Lorenzo Tezonco. Fuente elaboración propia.

Muestreo

Con referencia a la norma mexicana NMX-AA-15-1985 realizó el “Método del cuarteo” para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis en el laboratorio.

Para el caso de estudio, se recolectó los residuos generados de la semana del 11 al 15 de febrero de 2019 para cada una de la zonificación, se realizó el cuarteo después de los primeros tres días y al cumplir la semana, esto debido a que no se contaba con un lugar apropiado para almacenar los residuos de toda una semana; los resultados fueron los siguientes:

Del muestreo realizado en la semana del 11 al 15 de febrero del 2019, en un horario de 07:00 a 13:00

ZONA 1: Aulas

Persona a cargo del análisis de la zona 1: Lucero Fuentes Ayala

Descripción de la zona: Se recolectó los residuos generados en 13 de los 16 salones, se consideraron las aulas donde comúnmente se imparten clase: El laboratorio, el audiovisual y la oficina del programa de energía no se consideraron debido a que el ingreso de estos espacios es controlado. La cantidad de estudiantes está basada en los inscritos en las asignaturas impartidas en el tercer piso del edificio C, en el horario comprendido entre las 7:00 a 14:00, los cuales son 382 alumnos. Resultados de la generación de residuos por día se observan en la *tabla 44*.

Tabla 44.

Datos recabados en el muestreo en aulas.

Fecha	Cantidad (g)
11-02-2019	1078.00
12-02-2019	816.00
13-02-2019	706.00
14-02-2019	1373.00
15-02-2019	166.00
Total de residuos	4139.00
Total promedio al día	827.80
Generación per cápita:	2.17

Después de realizar el cuarteo los tipos de desechos se clasificaron de acuerdo a la *tabla 45*.

Tabla 45.

Resultados del muestreo en aulas.

Tipo de desecho	Cantidad (g)	Porcentaje %
Orgánico	943	38.16
Papel	206	8.34
Reciclable	658	26.63
Inorgánicos de difícil aprovechamiento	664	26.87
Total	2471	100%

Como se puede observar, cerca de un 30% del total de los residuos generados son inorgánicos de difícil aprovechamiento como es el caso del unicel.

ZONA 2: Laboratorios

Persona a cargo del análisis de la zona 2: Estefania Ávila Ramírez

El cuarto piso de edificio B corresponde al área de laboratorios, en dicha zona se obtuvo un total de 6380 g de residuos, los cuales se clasificaron en residuos plásticos, de difícil aprovechamiento, papel y orgánicos. Este piso cuenta con 5 laboratorios, que tienen diferentes profesores encargados, asiste un número diferente de personas que trabajan dentro de esos. Aquí se realizan diferentes actividades y se generan otros tipos de residuos que no se tomaron en cuenta dentro de la clasificación que se realizó.

A continuación, se menciona cuáles son las especificaciones: B-401 y B-402 El profesor encargado es Ricardo Zamora Paredes, ambos laboratorios son de docencia electrónica, las personas que asisten aproximadamente son 100 en el turno matutino. B-403 El profesor encargado es Juan Carlos Martínez Rosas, este laboratorio es de robótica, y tiene una asistencia de 4 personas al día.

- B-404: Este laboratorio es de redes de computadoras de la carrera de telecomunicaciones, el profesor encargado es Yazbek Buen Día, tiene una asistencia de 20 personas al día; dentro de las actividades que realizan generan residuos de fibra óptica que se consideran residuos de manejo especial, los cuales hasta el momento solo se almacenan y no se tiene un manejo adecuado.
- B-405 Este laboratorio es de investigación de química clínica y biología molecular, la profesora encargada es Guadalupe de Dios Bravo, a este laboratorio asisten un total de 6 personas al día. Aquí se generan desechos punzo cortantes e infecto contagiosos como la sangre la cual se neutraliza con cloro; los residuos de manejo especial que se producen aquí son recolectados por el hospital de salubridad, quienes después se hacen cargo su debido proceso.
- B-406 Es el laboratorio de Ciencias y Tecnología Sustentables, el profesor encargado es Rogelio Mendoza Pérez, en este laboratorio se realiza investigación para el desarrollo de nuevos materiales, la automatización y control de procesos

para la fabricación de módulos fotovoltaicos, dentro de los procesos se generan distintos residuos químicos de manejo especial como Acetona, Teluro de Cadmio, Cloruro de Cadmio, entre otros los cuales hasta el momento son almacenados y aun no se cuenta con un manejo especial.

Al recolectar los residuos no se tomaron los de manejo especial, debido a que se requiere de otro tipo de proceso para su neutralización o reciclaje. De los residuos generados después de realizar el cuarteo según la norma se clasificaron en la *tabla 46*.

Tabla 46.
Resultados del muestreo de la zona de laboratorio.

Residuo	Cantidad (g)	Porcentaje
Plásticos	563.33	18%
Papel	701.00	22%
Difícil aprovechamiento	703.33	22%
Orgánicos	1056.00	37%
Tamaño de la muestra en g: 3123		

ZONA 3: Oficinas

Persona a cargo del análisis de la zona 3: Shirla Michelle Pantoja López

Se tomaron las siguientes muestras de desechos, generados en el cuarto piso del edificio C en un horario de 06:00 AM a 14:30, con las siguientes características del personal que hay en tal edificio:

- El laboratorio C401 se conforma por 2 estudiantes de la carrera en Ingeniería en Sistemas Electrónicos Industriales;
- El C403 elaboran cinco trabajadores en el área de servicios estudiantiles.
- El laboratorio del C404 hay 24 personas mayormente estudiantes de la carrera en Ingeniería en Transporte.

- En el C405 elaboran siete trabajadores que desarrollan el Programa de Educación para los Centros de Readaptación Social (PECER)
- En el C406 se encuentra un laboratorio de Producción Editorial y hay un aproximado de 30 estudiantes en el horario establecido.

Esto hace un total de 68 personas que elaboran en el cuarto piso del edificio C. Por lo tanto, los residuos orgánicos que se generaron durante una semana, de lunes a viernes. Durante esta la semana, se generaron un total de 6042 g de residuos. En consecuencia, se procedió hacer el cuarteo como lo dicta la norma NMX-AA-015-1985 y se sacó un muestreo del cuarteo de 2301 g, equivalente a 2481 g de residuos.

Los residuos se clasificaron en la *tabla 47*.

Tabla 47.
Resultados del cuarteo en oficinas del edificio C.

Residuo	Cantidad (g)	Porcentaje
Papel sanitario	971	39.14 %
Inorgánicos de difícil aprovechamiento	567	22.85 %
Orgánicos	258	10.39 %
Papel y cartón	462	18.62 %
pet	203	8.18 %
Total	2,481	100 %

ZONA 4: Comedor

Personas a cargo del análisis de la zona 4: Miguel Ángel Malvaez, Jesús González Ramírez y Edgar Rojas Robles.

A continuación, se muestran los datos recabados sobre los residuos que se generaron en el comedor de la UACM San Lorenzo Tezonco, con el fin de obtener información acerca del porcentaje de residuos que se produce en comparación con el número de personas que consumen dentro de la institución. Los resultados se observan en la *tabla 48*.

Tabla 48.

Resultados del cuarteo en comedor, turno matutino.

Fecha	Residuos orgánicos (g)	Residuos Inorgánicos (g)	Total de residuos (g)	Boletos vendidos	Residuos per- cápita %
11-02-2019	4000	0	4000	265	0.15
12-02-2019	16849	0	16846	263	0.64
13-02-2019	0	0	0	CERRADO	0
14-02-2019	0	0	0	CERRADO	0
15-02-2019	23000	13858	36858	276	1.33
Total de residuos	43849	13858	57707	804	0.71

Los datos recolectados a partir de la realización del muestreo permitieron identificar el tipo de residuo generado en las diferentes zonas del plantel: aulas, laboratorios, oficinas y comedor.

Anexo B: Borrador de Manual de eventos sustentables

El anexo B, presenta un borrador de manual, el cual tiene como objetivo hacer una recopilación de prácticas, sugerencias y consideraciones que permitan realizar eventos sustentables.

Introducción

Como en toda institución académica, la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, particularmente en plantel San Lorenzo Tezonco, realiza diversos eventos, tales como congresos, seminarios, fiestas, festivales, etc. La forma tradicional de llevar a cabo dichas actividades genera un alto impacto negativo sobre el medio ambiente y sobre las personas, son amplios los recursos y materiales utilizados en comparación con los beneficios (GIZ, 2015).

Por otra parte, los eventos sustentables contemplan criterios para un mejor desempeño ambiental, generan beneficios sociales tanto a los participantes como a la comunidad, y promueven el uso de recursos de manera eficiente, a la vez que contribuyen al ahorro de dinero. En varios aspectos, los eventos sustentables generan aún más beneficios económicos, sociales y ambientales.

El objetivo de este borrador es hacer una recopilación de prácticas, sugerencias y consideraciones que permita a los organizadores planificar eventos orientados hacia la sustentabilidad.

Evento Sustentable

Un evento sustentable es aquel que busca implementar en todas sus etapas acciones que permitan reducir los impactos negativos sociales y ambientales, promoviendo el consumo y la gestión responsable de los recursos, con ello se genera un ahorro

económico y mayores beneficios para la comunidad (Secretaría de Turismo de Guanajuato, 2019). En este tipo de eventos se busca:

- Reducir la generación de residuos.
- El consumo de energía, agua, alimentos, etc.
- Disminuir la contaminación atmosférica.
- Minimizar la contaminación acústica y lumínica.
- Disminuir el riesgo de accidentes.
- Evitar el deterioro del entorno

Beneficios

Los beneficios que un evento puede obtener al incorporar prácticas de sustentabilidad, se observan en diferentes ámbitos, puesto que además de contribuir de manera positiva en el ambiente, la economía y la sociedad de la comunidad receptora; la institución organizadora y el propio evento también percibe los siguientes beneficios (Secretaría de Turismo de Guanajuato, 2019).

- Posicionamiento del evento como “evento responsable”
- Reconocimiento de la institución como “organización responsable” lo que mejora las relaciones públicas.
- Eficiencia de los recursos económicos y materiales.
- Educación y sensibilización de los asistentes al evento.
- Apoya la economía y el empleo local.
- Inspira la innovación y la creatividad tecnológica en el área ambiental
- Demuestra que es posible llevar a cabo otras formas de realizar eventos.

A continuación, en la *figura 87* se muestran los diferentes beneficios de acuerdo cada entorno: social, ambiental, organizativo y asistente.



Figura 87. Lo que aporta un evento sostenible. Comité para el Desarrollo Sustentable. Fuente: GIZ, 2015.

Qué tipo de eventos pueden ser sostenibles

A nivel nacional como internacional, las acciones dirigidas hacia la sustentabilidad se pueden aplicar a diversos eventos, tales como:

- Congresos
- Conferencias
- Exposiciones
- Convenciones
- Viajes de incentivos
- Seminarios
- Jornadas
- Cursos o talleres
- Ferias. Cumbres de alto nivel
- Eventos culturales y recreativos

- Paneles
- Eventos deportivos
- Reuniones de trabajo al interior y exterior de la organización.
- Etc.

Etapas en la organización de eventos

Todo evento se puede dividir en tres etapas: planeación, implementación y cierre, los organizadores deberán contemplar lo siguiente:

Planificación

En esta etapa es necesario definir hasta qué punto el evento puede ser sustentable, para esto se pueden puntualizar las áreas de acción dependiendo de las condiciones locales, del potencial de influencia y de los intereses específicos de organizadores y participantes. No es necesario cumplir con todos los criterios para clasificar a un evento como “sustentable”. Es más, en muy pocos casos es posible cumplir con todos los criterios, por lo que siempre se busca la mejora de los eventos (GIZ, 2015). A continuación, se desglosan las acciones fundamentales para la planificación.

- Las acciones implementadas durante la organización del evento deberán contar con el respaldo del consejo universitario del plantel, la coordinación y el comité ambiental, ya que, difícilmente se podrá lograr el objetivo.
- Es necesario realizar una política de sustentabilidad, la cual tendrá que definir el plan de acción, la evaluación y seguimiento, además deberá reflejar el compromiso con la reducción de impactos negativos al ambiente, esta política deberá contar con la aprobación de la coordinación, consejo universitario y el comité ambiental del plantel, asimismo, se deberá difundir en los espacios físicos y virtuales del plantel.
- Los eventos realizados en el plantel son diversos, por lo que se sugiere la creación de comités organizadores para cada colegio, el cual trabajará de manera colectiva con el comité ambiental, este último debe garantizar el cumplimiento de la política

de sustentabilidad, evaluar y monitorear los resultados, por lo que se recomienda brindar retroalimentación en cada evento.

- Es pertinente establecer un acuerdo por escrito, en donde cada colegio del plantel, indique su colaboración para la realización de eventos sustentables, así como la participación del comité ambiental y la aprobación por parte del consejo y la coordinación del plantel.

El comité organizador deberá realizar un esbozo de los antecedentes del evento y definir hasta qué punto el evento puede ser sustentable, con ello establecer los objetivos.

En la *figura 88* se presenta los aspectos que deberá considerar el comité organizador.

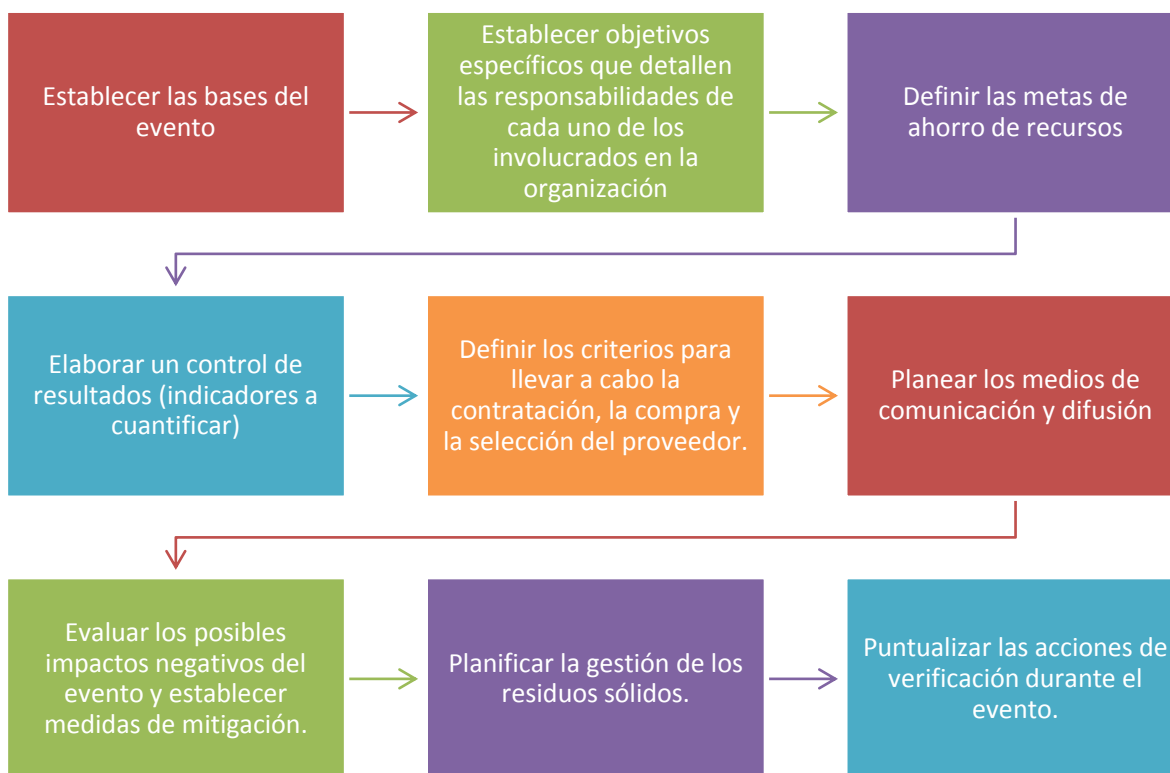


Figura 88. Aspectos que debe incluir la planeación de un evento sustentable. Fuente: Secretaría de Turismo de Guanajuato, 2019.

Implementación

En caso de que todo se haya realizado de manera organizada, en teoría, el evento marchará por sí solo, los aspectos que deben vigilarse son los detalles que surgen en el

momento y verificar que todas las medidas planeadas se llevan a cabo correctamente, en esta etapa se debe resaltar que el evento considera criterios de sustentabilidad y agradecer la participación de todos.

- Algunos aspectos que deben considerarse en esta etapa son los siguientes:
- Verificar la correcta implementación de las actividades.
- Ejecutar medidas correctivas en caso de encontrar algún problema o falla.
- Supervisar la adecuada separación de los residuos sólidos.
- Recolectar información para la evaluación del evento.
- Comunicar las acciones de sustentabilidad durante el evento.

Cierre y evaluación

Al concluir el evento es necesario evaluar ciertos puntos, tal como la percepción de los participantes y proveedores, la eficiencia real de las medidas implementadas en la disminución de impactos negativos.

A continuación, se muestran las acciones a considerar en esta etapa:

- Aplicar encuestas de satisfacción.
- Elaborar la evaluación del evento.
- Realizar la comparación entre los objetivos y resultados.
- Difundir los resultados obtenidos.
- Brindar un agradecimiento y reconocimiento por los esfuerzos individuales y colectivos.
- Almacenar los recursos sobrantes.
- Verificar el cumplimiento en la gestión de los residuos sólidos.
- Evaluar los impactos ambientales.
- Evaluar el ahorro económico.
- Realizar un análisis FODA para identificar las áreas de oportunidad y mejorar los próximos eventos.

Finalmente se presenta en la *figura 89*, un esquema que resume las etapas de un evento sustentable.



Figura 89. Etapas para organizar un evento sustentable. Fuente: GIZ, 2015.

Clasificación de servicios por eje

La sustentabilidad se compone por tres ejes principales, el social, lo ambiental y lo económico, por lo que, los aspectos a considerar se agrupan de acuerdo a cada eje, tal y como se muestra en la *figura 90*.



Figura 90. Ejes de la sustentabilidad. Fuente: GIZ, 2015.

A continuación, se describe de manera general la importancia que tiene cada aspecto del eje ambiental.

Transporte

Cualquier tipo de evento trae a un número significativo de personas y con ellas a un gran número de vehículos privados, el uso y concentración de vehículos agrava los problemas de contaminación atmosférica y acústica, por lo que, una menor cantidad de autos y motocicletas mejora la imagen del evento e incrementa la seguridad vial, se reduce el ruido y el riesgo de accidentes. Con el objetivo de reducir la presencia de automóviles, es sugiere realizar lo siguiente:

- Ubicar el evento en un lugar accesible a pie y a través de la red de transporte público.
- Facilitar el acceso a personas con movilidad reducida.
- Impulsar el transporte en bicicleta.
- Promover el transporte en autobús y automóvil compartido.

Importancia

- ✚ Ambiental: Disminuir las emisiones atmosféricas causadas por el transporte.
- ✚ Social: Facilitar la asistencia de personas son medio de transporte personal.
- ✚ Económico: Reducir el costo en transporte.

Energía y Agua

La mayor parte de la energía que abastece a la sociedad es proveniente de la quema de combustibles fósiles, esta acción contribuye al aumento de la temperatura media de la Tierra, a este fenómeno se le denomina calentamiento global, los problemas derivados de dicho fenómeno son múltiples, sequias, inundaciones, desplazamiento de personas, pérdida de la biodiversidad, etc. El consumo responsable de agua es de vital importancia, ya que, el agua potable es cada vez más escasa, la contaminación de ríos y mares agravan aún más el problema, lo cual pone en riesgo la sobrevivencia del ser humano y de otros seres vivos. A continuación, se enlistan las acciones enfocadas al uso eficiente de energía y al consumo responsable del agua.

- Aprovechar la luz solar.
- En caso de ser posible, abastecer el evento con fuentes de energías renovables.
- Utilizar bombillas de bajo consumo eléctrico.
- Instalar reductores de volumen de agua en las cisternas de los WC.
- Reducir el uso de agua para la limpieza de los espacios.

Importancia

- ✚ Ambiental: Disminuir las emisiones atmosféricas causadas por el uso y generación de energía, disminuir los impactos contaminantes al ambiente y promover el uso eficiente del recurso hídrico.
- ✚ Social: Sensibilizar a los participantes sobre la importancia del ahorro y uso eficiente de la energía y el recurso hídrico.
- ✚ Económico: Disminuir el costo por el consumo de energía y agua.

Residuos

Los eventos generan grandes cantidades de residuos, en mayor grado, plástico, vidrio, papel y materia orgánica. A continuación, se enlistan las acciones referentes a la gestión de los residuos.

- Reducir: No comprar más producto de lo necesario, en caso de comprar productos desechables verificar que estos sean biodegradables, es recomendable alquilar o comprar platos y vasos de larga duración, comprar productos con la menor cantidad de envolturas.
- Reutilizar: Almacenar los materiales sobrantes de cada evento y reutilizarlos para eventos futuros.
- Separar: Invitar a los asistentes a llevar a cabo la correcta separación de los residuos, por tal motivo es indispensable indicar cuales son las islas de separación y su función.

Importancia

- ✚ Ambiental: Promover el uso eficiente de los recursos y reducir los impactos contaminantes la ambiente.

- ✚ Social: Concientizar a los asistentes sobre la importancia de la gestión de los residuos.
- ✚ Económico: Al fomentar el reciclaje se reduce el costo para producir nuevos materiales.

Conclusiones

Actualmente son múltiples los recursos empleados en la realización de eventos, principalmente el agua y la energía, asimismo se utilizan materiales como papel, plásticos, metales y otros de difícil degradación, aunado a lo anterior, se generan grandes cantidades residuos, los cuales no son gestionados de manera correcta, lo anterior incrementa los impactos negativos al ambiente.

El plantel SLT de la UACM realiza eventos de diversas índoles, los cuales deben ser orientados hacia la parte de la sustentabilidad, por ello es necesario elaborar un manual que permita mejorar las prácticas realizadas en los eventos, estos deben tener metas u objetivos reales, tales como la reducción de recursos y materiales y con ello disminuir la generación de residuos, especialmente aquellos que son de difícil aprovechamiento.

Las sugerencias y aspectos mencionados en el presente borrador deben ser analizados y discutidos de acuerdo a las necesidades de cada colegio en conjunto con el comité ambiental.

Anexo C: Borrador de la publicación digital para profesores

En el presente apartado, se muestra un borrador de la publicación digital para profesores, el cual describe de manera general el programa.

Tabla de contenido

Introducción	230
Etapas del MIRSU	231
Estrategias de capacitación	234
Comité ambiental.....	234
Cómo separar los residuos sólidos urbanos.....	234

Introducción

Lo de hoy es *comprar y desechar*, esta acción se traduce en una excesiva generación de desechos, con base en lo reportado por el Banco Mundial, en 2016 se estimó que la generación de residuos fue de 2.01 mil millones de toneladas y se espera que para el 2050 la generación sea de 3.40 mil millones de toneladas, de los cuales, los países de altos ingresos generaron el 34% de los desechos en el mundo, en contra parte, los países de bajos ingresos producen apenas el 5% del total; En México se observa una relación entre el aumento de producción de residuos con el PBI nacional, en otras palabras, esto indica que a mayores niveles de consumo se produce un incremento en el volumen de residuos.

En el territorio nacional se tiene una generación per cápita de 1.16 kg al día, de acuerdo con lo publicado por la SEMARNAT, se genera anualmente 42.7 millones de RSU, de estos sólo el 10% se recicla, el resto se dispone en tiraderos o en los rellenos sanitarios.

La Ciudad de México genera 13,073 toneladas de residuos al día, es decir en promedio se genera 1.38 kg de residuos al día por habitante, alcaldías como Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc generan el 41% del total de los residuos producidos en la

capital. En 2018, se identificaron 1252 tiraderos clandestinos de RSU, de los cuales 331 se encuentran en la alcaldía de Iztapalapa, para combatir la formación de dichos sitios, la SEDEMA ha impulsado toda una serie de estrategias y programas que permiten la adecuada gestión de los residuos.

Los problemas ambientales vinculados al inadecuado manejo de los RSU son múltiples, la formación de lixiviados ocasiona la contaminación de los suelos y mantos acuíferos, por otra parte, los océanos se han convertido en el principal destino de los residuos plásticos originando graves afectaciones a los ecosistemas marinos.

El plantel SLT de la UACM, en conformidad con el presente panorama local, nacional e internacional, creó en 2019 un proyecto integrador llamado Tezonco Sustentable, cuyos ejes centrales son, energía, agua, consumo responsable, áreas verdes, comunicación y manejo de residuos, estos con el objetivo de reducir el impacto ambiental.

El programa para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU), busca es parte del proyecto Tezonco Sustentable, a partir del análisis de la normatividad aplicable, se establece las pautas para el diseño y estructuración del programa.

El MIRSU se compone de tres etapas, generación, separación, aprovechamiento y valorización, en cada una de ellas se proponen acciones que favorezcan el adecuado manejo de los residuos.

El presente documento te ayudará a conocer el funcionamiento del programa y poder contribuir en el mantenimiento del mismo, no es fácil poder llevarlo a cabo de *la noche a la mañana*, recuerda que la implementación del MIRSU necesita de un trabajo colectivo, que involucre una responsabilidad compartida, los beneficios del programa serán notorios, no solo para las generaciones presentes sino también para las generaciones futuras.

Etapas del MIRSU

El programa comprende las siguientes etapas, cada una con una amplia cantidad de actividades.

Primera etapa: Generación

En esta etapa el objetivo es el disminuir la generación de residuos de aprovechamiento limitado a partir de la concientización y educación ambiental, por lo que es necesario incentivar a la comunidad a participar en las campañas:

Trueque ambiental SLT

- Diagnóstico: La falta de segregación de los RSU ocasiona que los residuos con alto potencial de reciclaje pierdan su valor.
- Población objetivo: Comunidad universitaria (estudiantes, profesores, administrativos e intendentes).
- Objetivo: Invitar a la comunidad a intercambiar sus residuos con alto potencial de reciclaje por un cilindro plástico reutilizable.
- Medios: Consulta el cartel digital y la cápsula informativa en la página oficial del plantel *Comunidad SLT y Tezonco Sustentable*.

Esta campaña se realizará una vez por semestre, es decir dos veces al año, se entregará un límite de 50 cilindros por campaña.

Uacemitas-SLT ¡Adiós al plástico!

- Diagnóstico: El 23% de los residuos generados en aulas del plantel SLT de la UACM es plástico, entre lo que destaca es el PET, bolsas, unigel y otros artículos de uso único.
- Población objetivo: Comunidad universitaria (estudiantes, profesores, administrativos e intendentes).
- Objetivo: Reducir la generación de residuos plásticos y de aprovechamiento limitado.

- Medios: Difusión de infografías a través de la página de Facebook Tezonco Sustentable.

Dinámica de la campaña: Invitar a la comunidad universitaria del plantel a reducir la generación de residuos plásticos y de difícil aprovechamiento mediante la participación a la campaña trueque ambiental y la creación de infografías que inciten a la comunidad a traer sus propios termos, recipientes y bolsas reutilizables, en la *figura 2* se muestra la propuesta de logotipo de la campaña.

Trashtag Challenge

- Diagnóstico: El plantel SLT de la UACM cuenta con espaciosa áreas verdes, las cuales tienen residuos, principalmente plásticos y colillas de cigarro.
- Población objetivo: Comunidad universitaria (estudiantes, profesores, administrativos e intendentes).
- Objetivo: Limpiar las áreas verdes del plantel de manera colectiva.
- Medios: Difusión de infografías en la plataforma digital Tezonco Sustentable.

Dinámica de la campaña: Zonificar el plantel en 6 áreas: estacionamiento de profesores, jardín de profesores, jardín ubicado a un costado del edificio A *Jardín de edén*, estacionamiento de estudiantes, ágora y canchas deportivas; Realizar 6 grupos de 10 personas, cada grupo limpiará una zona del plantel. Los insumos y herramientas serán otorgadas por el comité ambiental y la coordinación del plantel.

Para reunir a un mínimo de 60 personas, se publicará la convocatoria en la página oficial de Tezonco Sustentable y en los espacios destinados para la difusión de eventos.

Segunda etapa: Separación

Durante esta etapa se realizará la separación, almacenamiento y recolección de los RSU generados en el plantel, como se muestra en la *figura 1*.

Tercera etapa: Valorización

En la última etapa del programa se considera la valorización de los residuos sólidos con alto potencial de aprovechamiento, los residuos reciclables serán entregados al centro de acopio, los residuos orgánicos serán destinados a la planta de compostaje, al separar los residuos se facilita el estudio de los mismos y se promueve la creación de proyectos, un ejemplo de ello es el estudio en la generación de biocombustibles.

Estrategias de capacitación

En cada semestre se llevará a cabo la capacitación de profesores, administrativos, personal de intendencia y estudiantes, en este proceso de aprendizaje y reflexión se destaca la importancia del programa, y se describen las tres etapas del mismo: generación, separación y almacenamiento temporal.

Consulta el calendario de actividades en la página de Facebook Tezonco sustentable.

Comité ambiental

El comité ambiental, tiene como objetivo el promover acciones dirigidas hacia la sustentabilidad, de tal manera que, tiene la responsabilidad de vigilar y mantener el proyecto Tezonco Sustentable, dentro de sus funciones se encuentra el seguimiento y monitoreo del MIRSU, esto con el objetivo de garantizar su correcto funcionamiento, además de promover la educación ambiental en el plantel.

El comité está constituido por profesores, estudiantes, personal de intendencia y administrativos, la convocatoria para formar parte del comité estará disponible cada año en la página de Facebook Tezonco Sustentable, así como en los espacios destinados para la difusión de anuncios, noticias y eventos.

Cómo separar los residuos sólidos urbanos

A continuación, se presenta la manera en la se deberá segregar los residuos mediante los dos tipos de islas (exterior e interior).

Isla interior

La isla interior se compone de 5 contenedores, este tipo de isla se ubicará en lugares con techumbre o que cuenten con algún tipo de resguardo ante las inclemencias del tiempo (dentro de los edificios).

Isla exterior

La isla de separación exterior está conformada por cuatro contenedores, el contenedor de papel y cartón se retiró para evitar que se moje o se dañe debido a las condiciones de intemperie.

Las islas almacenaran los residuos como se muestra en el siguiente listado:

- Orgánicos: Restos de comida, cáscaras, semillas, palillos de madera, café y sus filtros, huesos de pollo, res y cerdo.
- Plásticos: Botellas de agua, jugos y refrescos, envases de yogurt, botellas de suavizantes y detergentes.
- Latas, vidrio y tetra pak: Latas de refrescos, jugos, té. Atún, papel aluminio, botellas de vidrio, cajas de leche y jugo.
- Papel y cartón: Hojas de papel, folders, periódicos, revistas, volantes y cartón sin residuos.
- Otros: Charolas, platos y vasos de plástico y/o unicel, envolturas de plástico, enceradas o metalizadas, colillas de cigarro y grapas, cartón y servilletas con grasa, pañuelos desechables usados, papel con comida.

Es importante enfatizar sobre la importancia de llevar a cabo la separación de los residuos tal y como se muestra en el apartado anterior, esto agilizará la entrega de los desechos al servicio de limpieza.

¡El éxito depende de la participación de todos!

La sugerencia a este borrador es agregar la imagen de las islas una vez ya realizadas, con su respectivo color, pictograma e infografía, asimismo es necesario agregar una portada, contraportada y otros elementos visuales.

Anexo D: Carteles realizados

Las infografías se realizaron mediante el programa Publisher y la versión gratuita de la plataforma Canva, cada uno de ellos cumple un objetivo, el cual se describe al pie de la imagen.

¿Ya sabes cómo separar?

La infografía tiene como objetivo informar sobre de la nueva manera de separar los residuos sólidos urbanos del plantel, el diseño se realizó a través de Publisher.



Uacemitas SLT ¡Adiós al plástico!

La infografía se diseñó con la finalidad de impulsar la campaña ¡Adiós al plástico! la cual busca disminuir la generación de residuos plásticos y de difícil aprovechamiento como es el caso del unicel!

Tezonco Sustentable

Primera etapa del Programa de Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU)

Uacemitas SLT
¡Adiós al plástico!

Objetivo: Disminuir la generación de residuos de aprovechamiento limitado

Utiliza bolsas de tela , esta acción podría reducir hasta 170 bolsas de plástico. Fuente: EARTH MISSION

Opta por utilizar tu propia botella de agua o termo reutilizable

f Tezonco Sustentable
Correo: TezoncoSustentable@gmail.com

Tezonco Sustentable

UACM
Universidad Autónoma de la Ciudad de México
Nada humano me es ajeno

Conductas ecológicas responsables

La presente infografía tiene la finalidad de informar sobre las conductas ecológicas responsables.

Conductas ecológicas responsables

Es fundamental precisar que el desarrollo de la responsabilidad ecológica como conciencia es una de las estrategias más importantes para inducir la adquisición de una competencia proambiental, una motivación para el cuidado del ambiente y de ahí la conducta de preservación (Soto, 2004).

Actualmente algunos temas ecológicos sobre la promoción de la conservación de recursos ambientales se han centrado en las siguientes áreas:

Manejo Integral de los Residuos

Reducción del consumo de productos

Separación de los desechos

Reusar y reciclar

Uso racional de Energía

Eficiencia energética
Ahorro de energía
Fuentes Alternas de energía

Preservación

Protección de áreas verdes, uso racional del agua y cuidado de flora y fauna.

La universidad es el punto de partida para la generación de cualquier cambio social, además de formar a **ciudadanos ambientalmente responsables.**

¿Y tú, has mostrado un comportamiento ecológicamente responsable?

f Comunidad SLT UACM

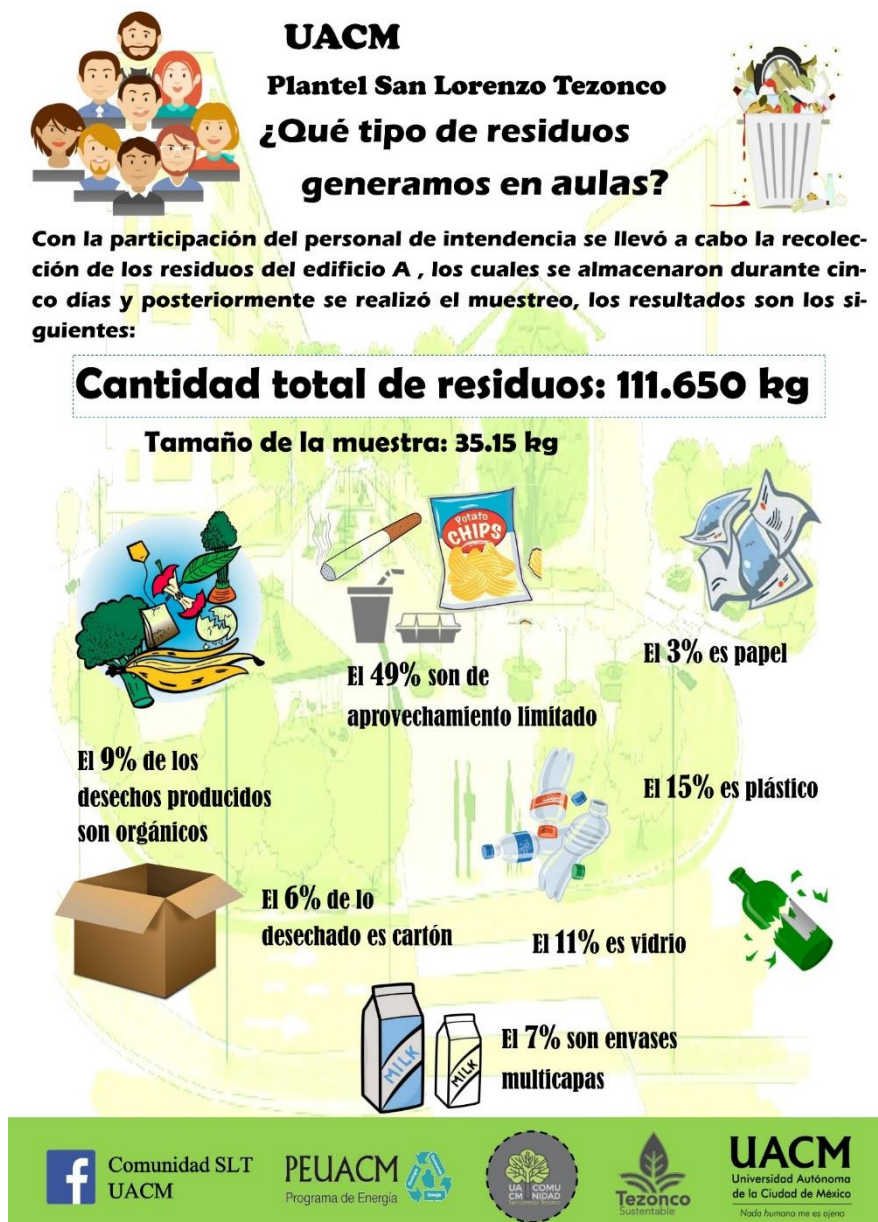
PEUACM Programa de Energía

UACM Universidad Autónoma de la Ciudad de México

Tezonco Sustentable

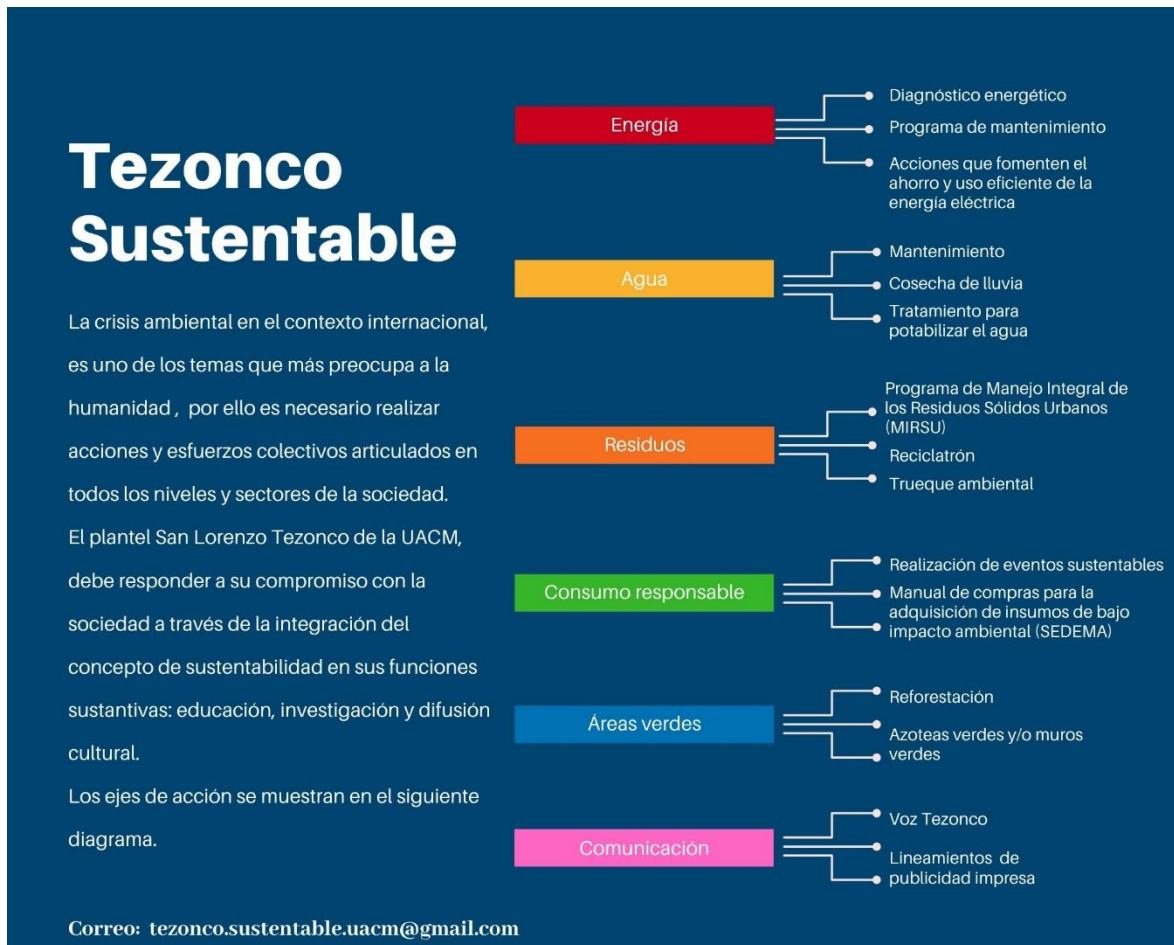
¿Qué tipo de residuos generamos en aulas?

Con el objetivo de difundir la información obtenida mediante la realización del muestreo, se realizó el diseño de una infografía que mostrará los resultados del tipo de residuos que se generan en las aulas del plantel SLT.



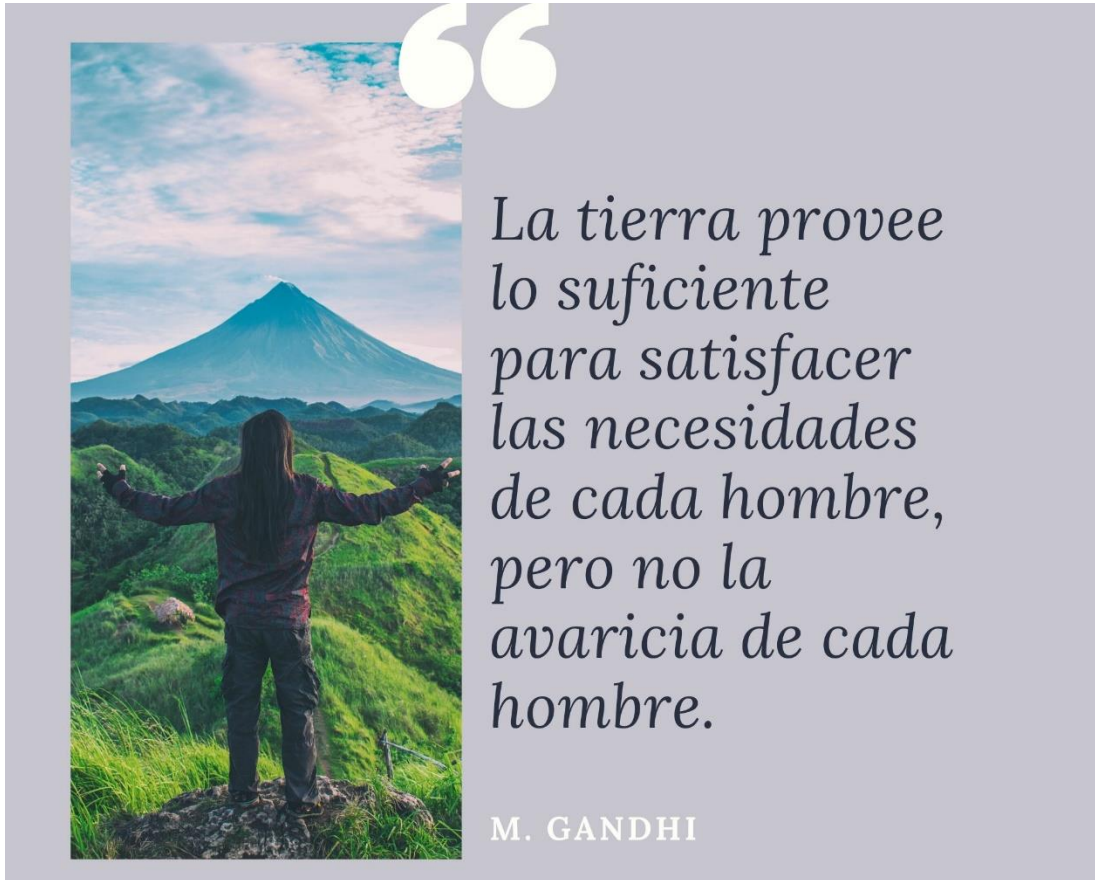
Tezonco Sustentable

La presente infografía se presentó en la plataforma Facebook Tezonco Sustentable, la cual presenta de manera visual los ejes del proyecto.



Frases

Como parte del contenido publicado en la red social de Tezonco Sustentable, se elaboró una postal, en donde se muestra una frase que impulsa a tomar acciones sobre el cuidado y preservación del ambiente.



“
*La tierra provee
lo suficiente
para satisfacer
las necesidades
de cada hombre,
pero no la
avaricia de cada
hombre.*

M. GANDHI

¿Sabes que es el MIRSU?

La presente infografía tiene como objetivo indicar las tres etapas del programa.

¿SABES QUE ES EL MIRSU?

El Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU) del plantel San Lorenzo Tezonco de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, tiene como objetivo atender las siguientes actividades:

REDUCCIÓN DE LA FUENTE GENERACIÓN



En esta etapa se implementará medidas que permitan prevenir y reducir la generación de residuos sólidos urbanos (RSU).

SEPARACIÓN CLASIFICACIÓN

En esta etapa se clasifican los RSU para su oportuna valorización, la separación propuesta para el plantel San Lorenzo Tezonco es una clasificación secundaria: orgánicos, latas, vidrios y tetra pak, plásticos, papel y cartón y otros.



ALMACENAMIENTO ALMACENAMIENTO IN SITU



Se plantea la adaptación de los contenedores existentes en el plantel (trillizos), para la creación de dos tipos de islas (exterior e interior) que permitan la adecuada separación de los RSU.

RECOLECCIÓN

Se diseñará un proceso de recolección por tipo de residuo (por día) o con un recolector (acondicionado con las cinco separaciones) con la clasificación adecuada.



ALMACENAMIENTO TEMPORAL



Se diseñará el espacio adecuado el adecuado almacenamiento temporal previo a la recolección selectiva del sistema de limpia de la alcaldía y/o la recolección por el centro de acopio (en un futuro inmediato la UACM será la gestora de los residuos de aprovechamiento potencial).

Fuentes

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

SEDEMA. (2018). Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México 2018.



Trueque ambiental

Con la finalidad de comunicar sobre el inicio de la segunda edición del trueque ambiental en el plantel SLT, se elaboró un cartel informativo en donde se muestra el objetivo y la dinámica de la campaña.



¿Cuál es la dinámica?

1 kilogramo de tapitas= cilindro

Lleva tus tapitas al Programa de Energía, ubicado en el C-307 en un horario de 10:00 a 13:00 horas, con la Lic. Valentina Piña. Limitado a 50 cilindros

Arranca el trueque ambiental SLT-UACM 2020-I

¡Participa!

Con el objetivo de contribuir a la reducción del consumo de envases de un solo uso, el programa "Tezonco Sustentable", invita a la comunidad a cambiar su botella de PET, por un envase reutilizable.

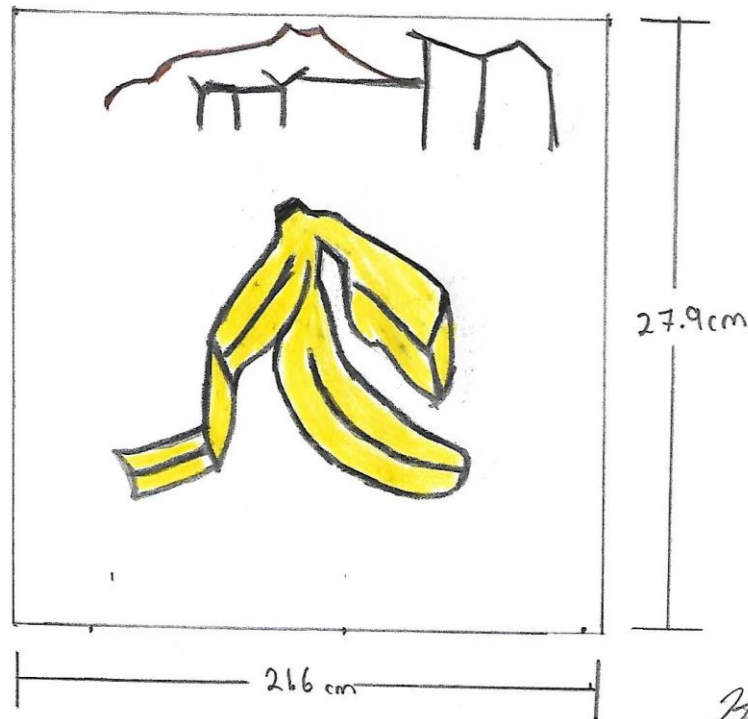
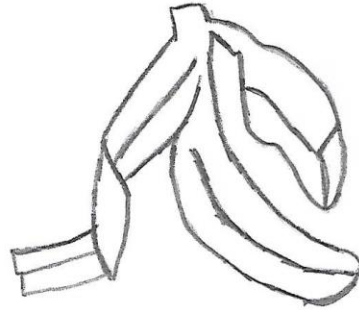
Anexo E: Bosquejo a mano alzada de pictogramas seleccionados

En este apartado se presenta la propuesta de pictogramas, estos servirán como una guía en el diseño de los mismos, cabe recordar que los pictogramas²⁷ corresponden a la encuesta realizada, en donde los estudiantes seleccionaron la representación gráfica de acuerdo al tipo de residuo. Para realizar un pictograma se eligió una fotografía de los residuos a utilizar como imagen alusiva, posteriormente se dibujó la imagen en una hoja.

En caso particular del pictograma de residuos orgánicos, al principio se colocó una imagen relacionada con el plantel para brindar identidad, pero se consideró demasiado contenido visual, por lo que se replanteó el diseño y solo se dejó la imagen de cáscara de plátano. A continuación, se muestra la propuesta de pictograma para el contenedor de residuos orgánicos.

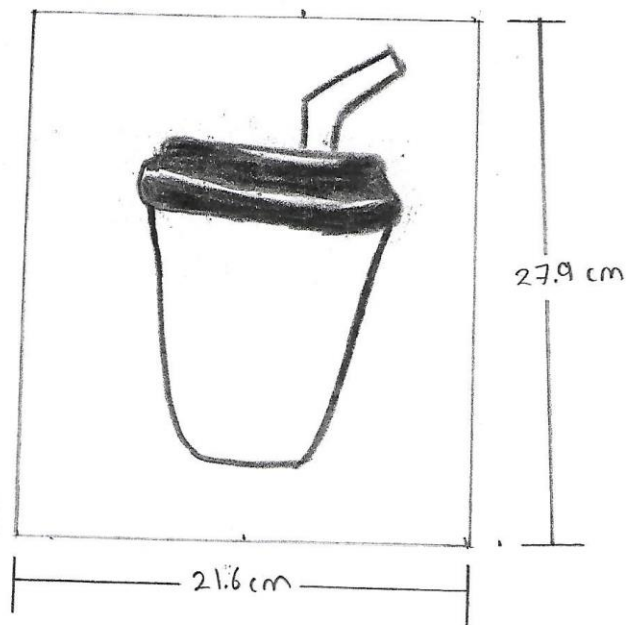
²⁷ Un pictograma es un signo claro y esquemático, el cual representa un objeto real o concepto, es un recurso de comunicación de carácter visual **Fuente especificada no válida..**

Propuesta de pictograma
para residuos
orgánicos



Para la realización del diseño del pictograma para el contenedor de residuos de difícil aprovechamiento se utilizó como imagen alusiva una fotografía de un vaso de unicel para café y se agregó un popote.

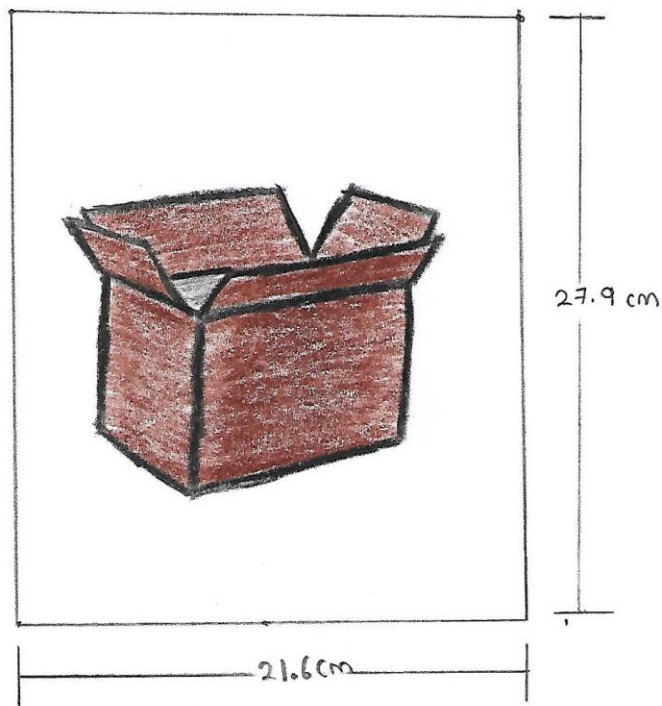
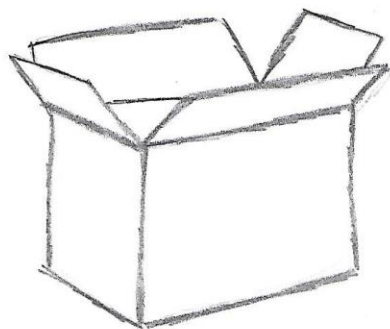
Propuesta de pictograma para
residuos de difícil aprovechamiento



24

Para la realización del dibujo del pictograma de residuos de cartón y papel, se utilizó como imagen alusiva una fotografía de una caja de cartón.

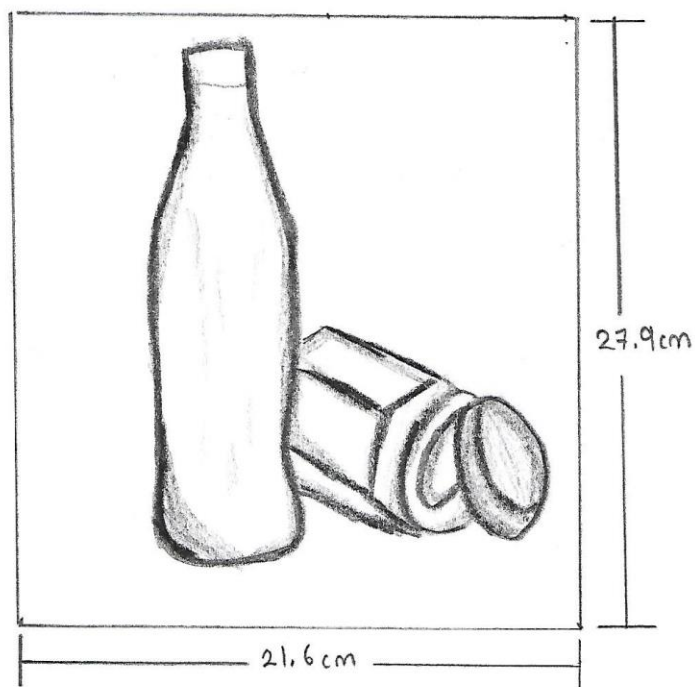
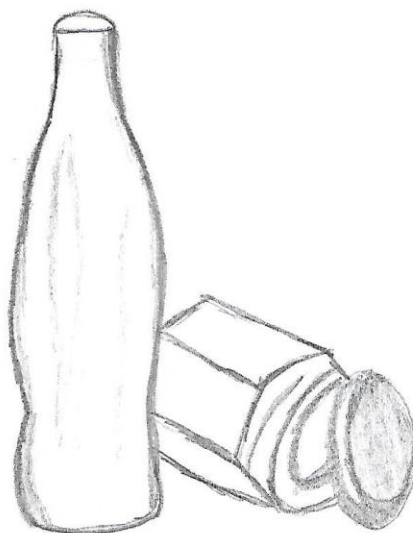
Propuesta de pictograma
para residuos de papel y cartón



2A

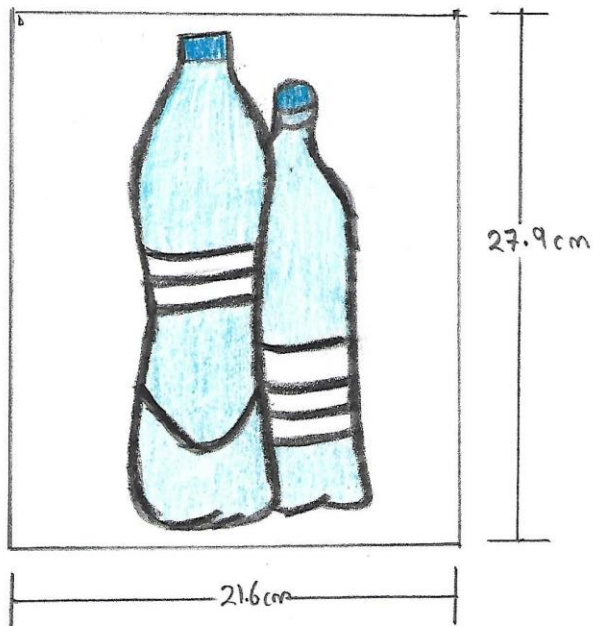
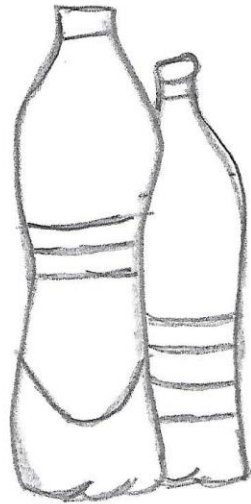
En cuanto al pictograma para el contener de residuos de vidrio, tetra-pack se seleccionó una fotografía de una botella de refresco y un frasco de café.

Propuesta de
pictograma
para
residuos de
vidrio.



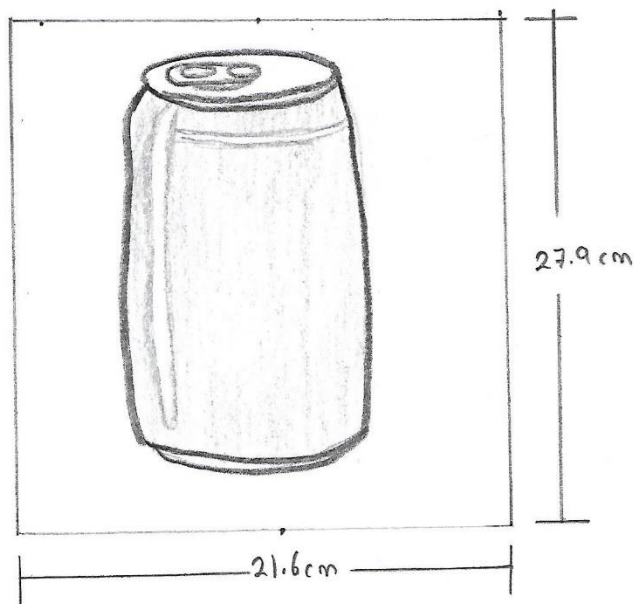
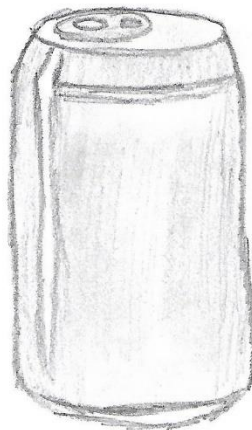
Para la elaboración del dibujo del pictograma de residuos plásticos, se utilizó como imagen alusiva una fotografía de botellas de agua.

Propuesta de
pictograma de
residuos
plásticos.



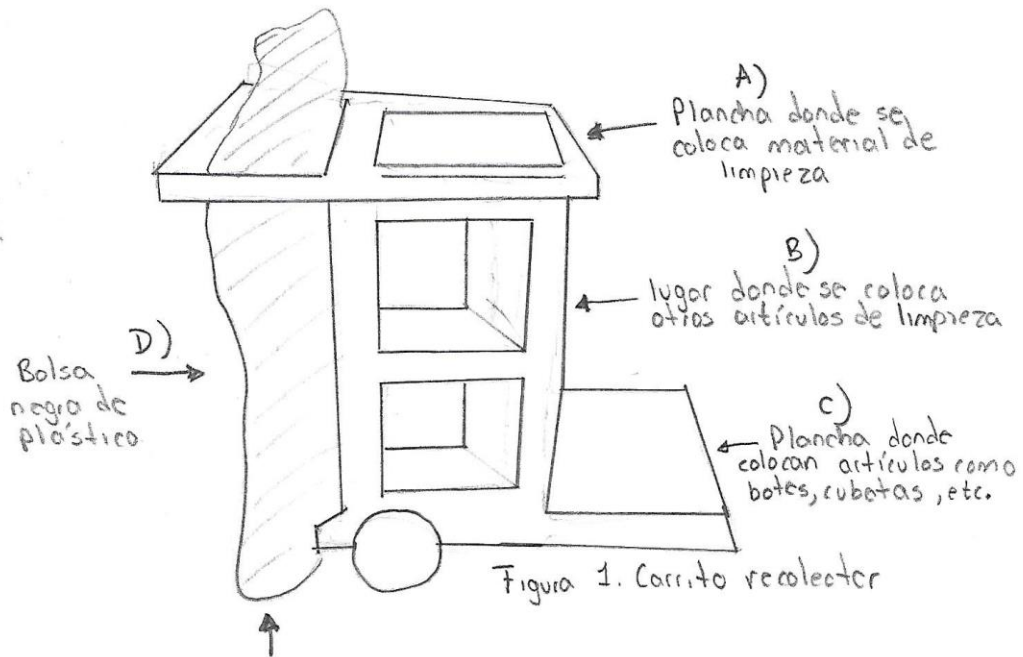
Finalmente, para la elaboración del dibujo del pictograma de residuos metálicos, se utilizó como imagen alusiva una imagen de una lata de refresco.

Propuesta de
pictograma
de residuos
de metal



Cabe mencionar que el contenedor de vidrio, tetra-pack y metal tendrán un sólo pictograma, por lo que se sugiere combinar ambos pictogramas, el tamaño propuesto para todos los pictogramas es de 27.9 cm de alto y 21.6 cm de ancho, dichas medidas corresponden a lo que mide una hoja tamaño carta. Asimismo, se sugiere realizar la impresión en vinil auto adhesivo transparente, el cual ofrece gran la oportunidad de destacar el pictograma sin perturbar la visualización del color en los contenedores.

Anexo F: Boceto a mano alzada del carrito de recolección



En este espacio se propone colocar divisiones para recolectar los residuos de manera separada.

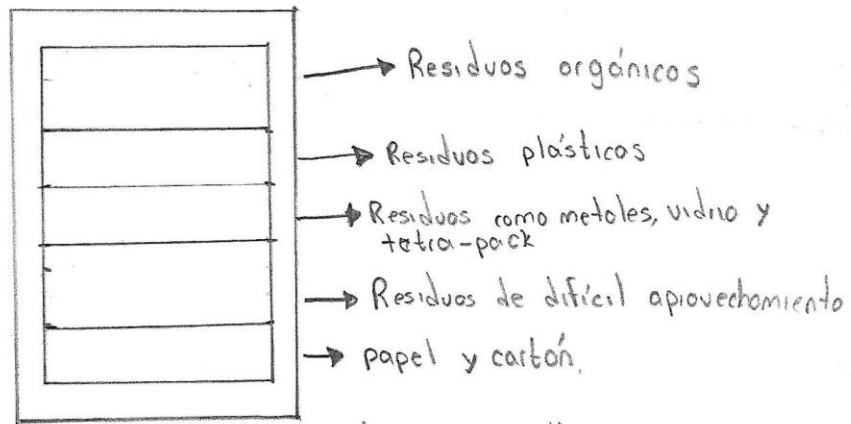
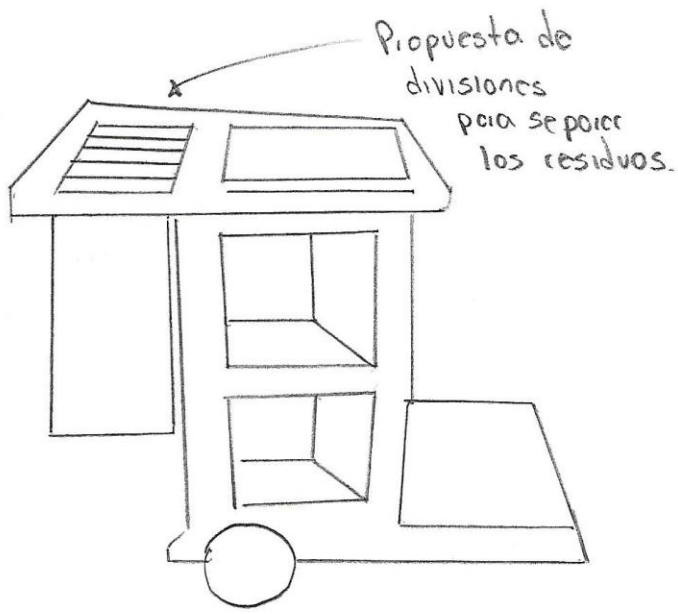
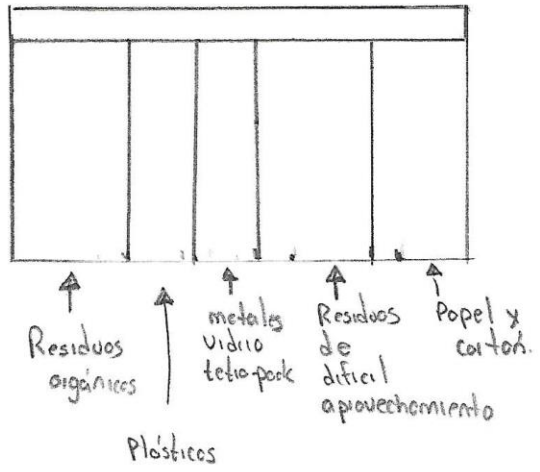


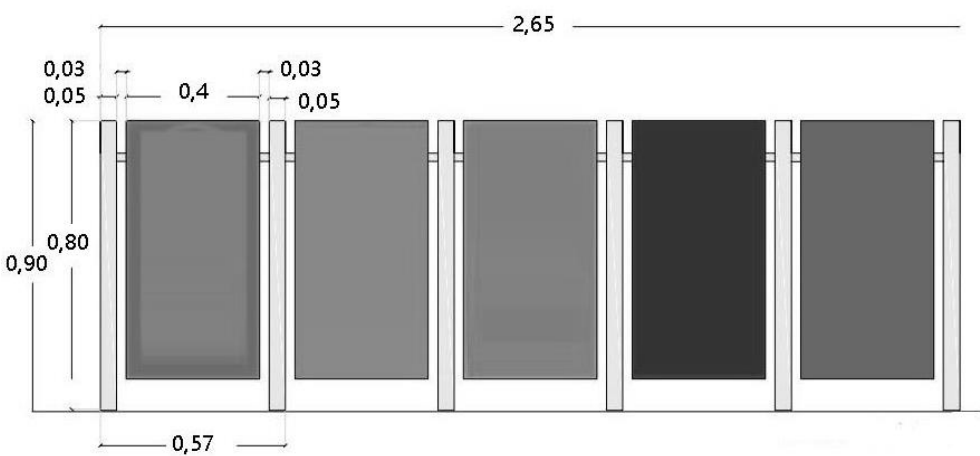
Figura 2. Vista superior, divisiones.

Figura 3. Vista Frontal



Anexo G: Ficha técnica de las islas de separación de la UNAM

Mobiliario

Islas de separación interiores	
Descripción	Las islas están constituidas por cinco contenedores, en el siguiente orden: (<i>de izq. A der.</i>) orgánicos, botellas de plástico, papel, cartón, latas-vidrio-tetra pack y otros, cuentan con las siguientes dimensiones como se indican a continuación:
	
Figura A.1. Vista frontal de la isla de separación interior	
Materiales:	El contenedor está elaborado de lámina de acero, el piso esta hecho de lámina perforada.

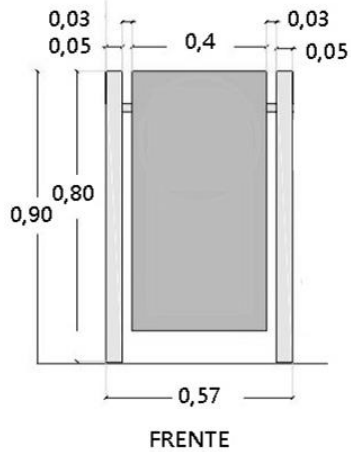


Figura A.2. Vista frontal de contenedor individual

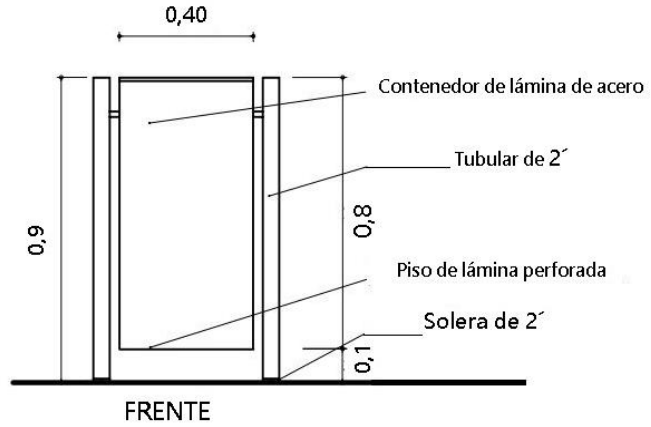


Figura A.2.1 Vista frontal con descripción de materiales

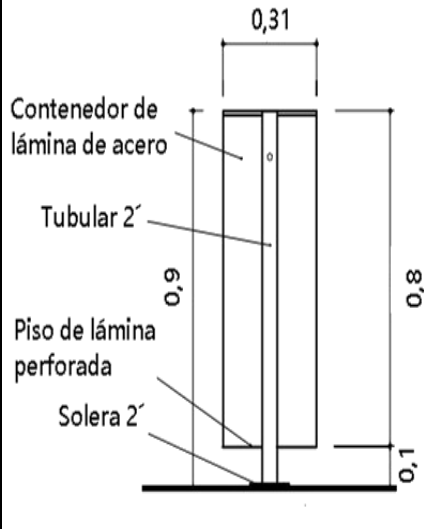


Figura A.3. Vista lateral con descripción de materiales

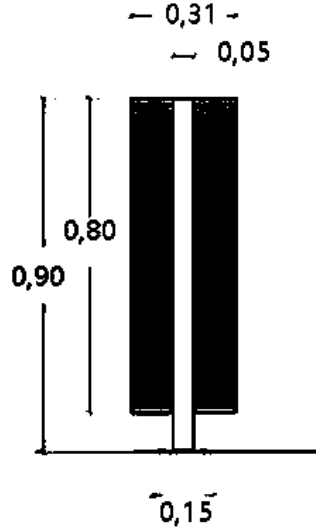


Figura A.3.1. Vista lateral con descripción de planta

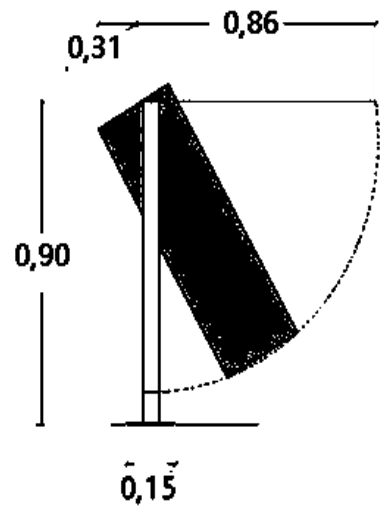
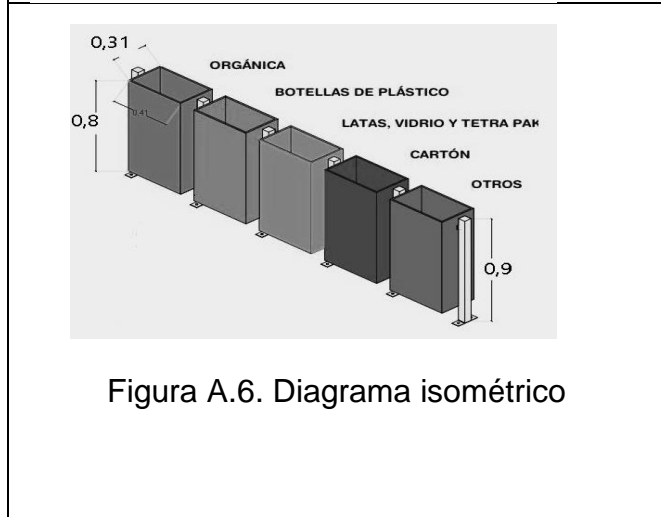
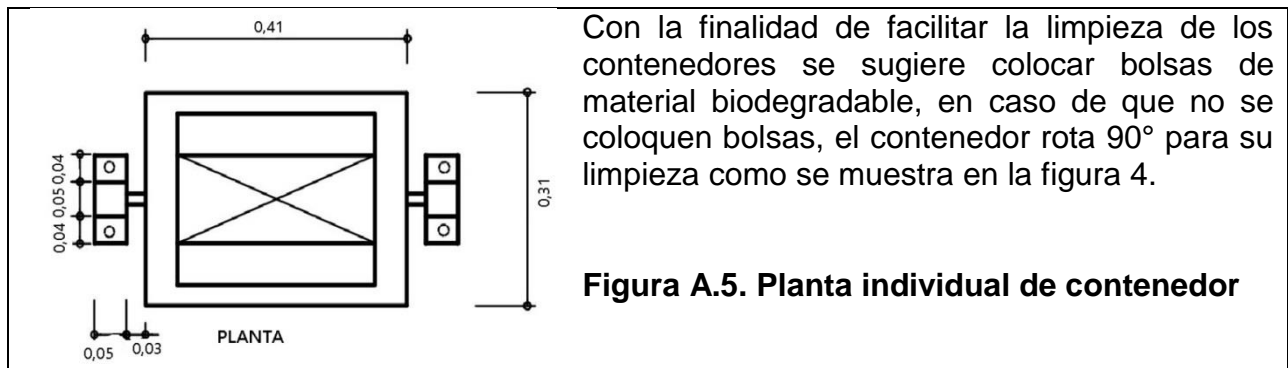


Figura A.4. Alzado lateral del contenedor



Notas:

- Sin escalas
- Las cotas rigen las figuras
- Cotas en metros

Las imágenes fueron tomadas del manual de RSU de la UNAM.

Islas de separación exteriores

Descripción

Las islas exteriores están constituidas por cinco contenedores en el siguiente orden como se muestran a continuación: (de Izq. a der.): Orgánicos, botellas de plástico, latas-vidrio-tetra pak y otros; el contenedor de cartón y papel de elimina debido a la exposición a la intemperie.

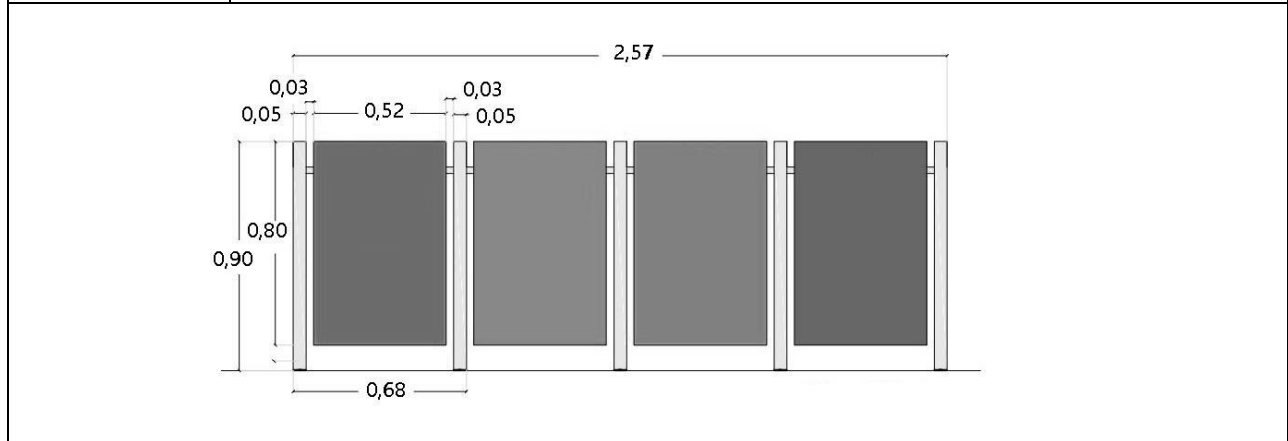


Figura B.1. Vista frontal de la isla de separación exterior

Materiales:

El contenedor está elaborado de lámina de acero, el piso esta hecho de lámina perforada.

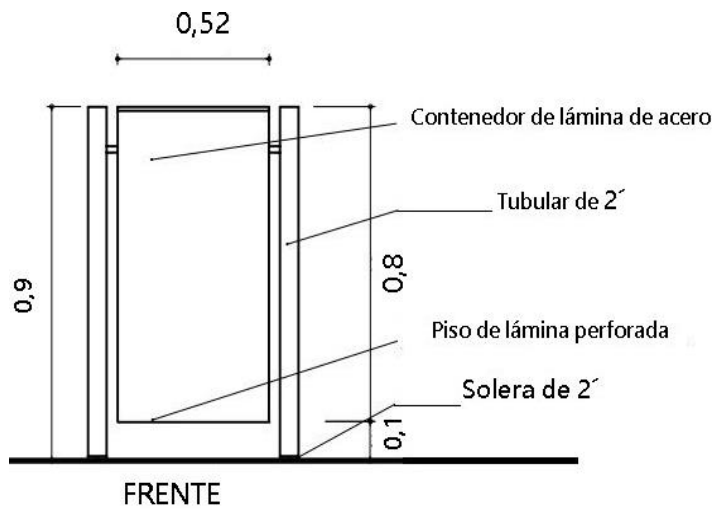


Figura B.2.1 Vista frontal con descripción de materiales

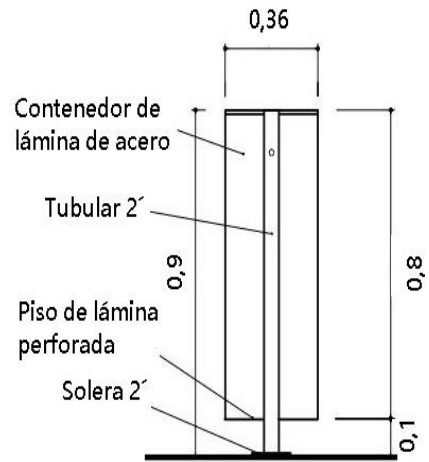


Figura B.3. Vista lateral con descripción de materiales

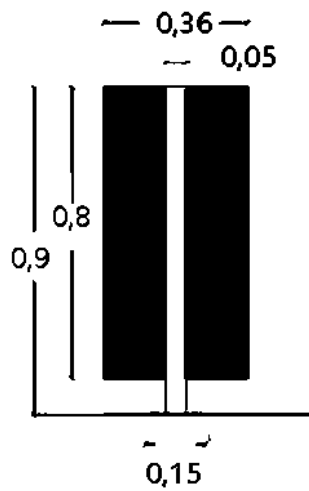


Figura B.3.1. Vista lateral con descripción de planta

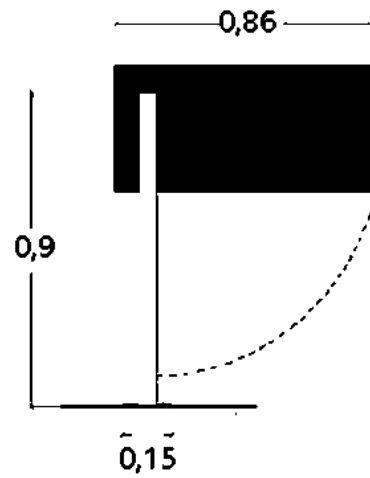


Figura B.4. Alzado lateral del contenedor

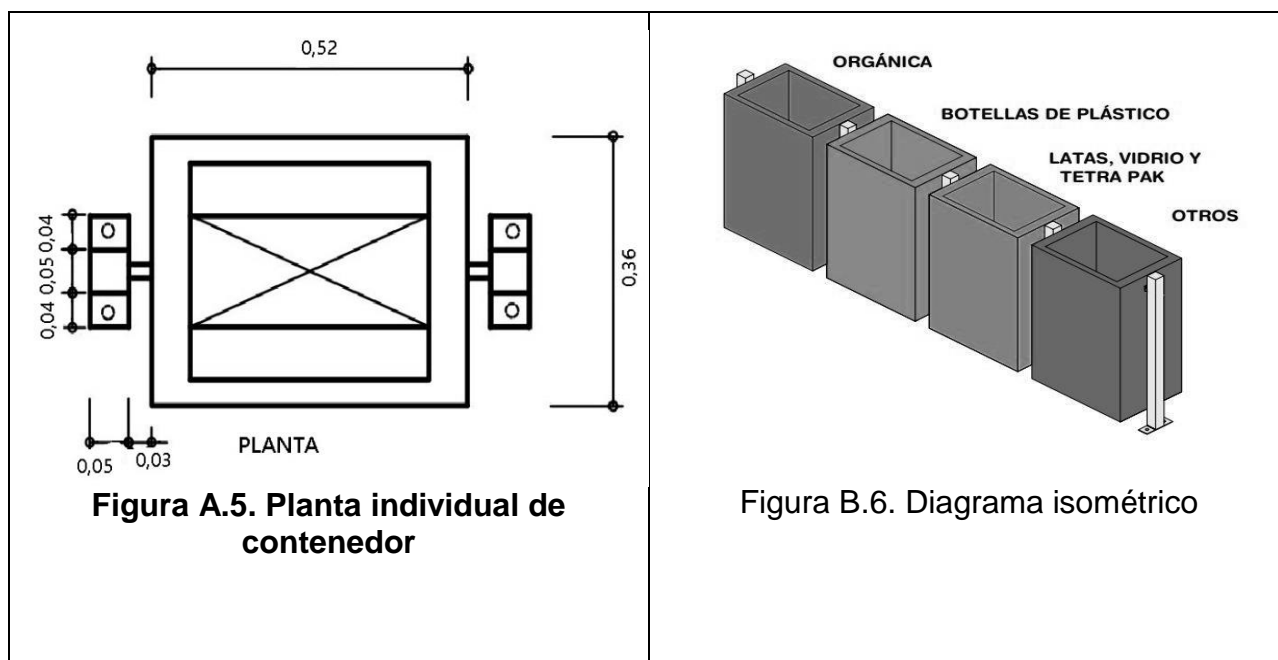


Figura A.5. Planta individual de contenedor

Figura B.6. Diagrama isométrico

Notas:

- Sin escalas
- Las cotas rigen las figuras
- Cotas en metros

Las imágenes fueron tomadas del manual de RSU de la UNAM.

Descripción de los materiales

Materiales	Isla interior (piezas)	Isla exterior (piezas)
Segmentos de 15 cm de solera de 2" X 1/8"	6	5
Tornillos de cabeza hexagonal de 3/8" con rondana	22	18
Segmentos de 90 cm de perfil tubular PTR de 2"	6	5
Segmento de 5 cm de solera de 2" X 3/8"	10	8
Rondanas de 3 mm de espesor y 1" de diámetro	10	8
Segmento de 5 cm de tubo de acero de 1" de diámetro	10	8
Contenedores armados y pintados	5	4

Fuente: UNAM. Manual de instalación del sistema de separación de residuos sólidos urbanos, Programa Universitario de Medio Ambiente.

Abreviaturas

AVC: Análisis de Ciclo de Vida
ANIQ: Asociación Nacional de la Industria de la Química
ANIPAC: Asociación Nacional de Industrias de Plástico
CDMX: Ciudad de México
CECADESU: Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable
CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CRE: Comisión Reguladora de Energía
FICEDA: Fideicomiso para la Operación y Construcción de la Central de Abasto
GEI: Gases de Efecto Invernadero
INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INECC: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
IRS: Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México
LGPGIR: Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos
LGEEPA: Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
MIRSU: Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos del plantel San Lorenzo Tezonco de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México
ODS: Objetivos del Desarrollo Sostenible
PBI: Producto Interno Bruto
PET: Tereftalato de polietileno
PGIRS: Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos
PND: Plan Nacional de Desarrollo
PNPGIR: Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
SAO: Sustancias Agotadoras de Ozono
SLT: San Lorenzo Tezonco
SEDEMA: Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México
SEDESOL: Secretaría de Desarrollo Social
SEMARNAT: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER: Secretaría de Energía
SNIA: Sistema Nacional de Indicadores Ambientales
RSU: Residuos Sólidos y Urbanos
UACM: Universidad Autónoma de la Ciudad de México
UAM: Universidad Autónoma Metropolitana
UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

Índice de figuras

Figura 1. Clasificación de acuerdo a su fuente de origen y su manejo. Fuente: SEDESOL, s/f.	
Figura 2. Tipos de residuos, Fuente: Ley General de Prevención de Gestión Integral de Residuos.	
Figura 3. Gráfico que muestra el porcentaje de generación de residuos por región. Fuente: World Bank, 2018.	
Figura 4. Gráfico que muestra la cantidad de residuos generados por nivel de ingresos, Fuente: World Bank, 2016.	
Figura 5. Gráfica que muestra el porcentaje de composición de residuos en América Latina y el Caribe. Fuente: World Bank, 2018.	
Figura 6. Gráfica que presenta los tratamientos y disposición final de los residuos en América Latina y el Caribe, Fuente: World Bank, 2018.	
Figura 7. Datos del informe What a Waste 2.0 sobre América Latina y el Caribe. Fuente: World Bank, 2018.	
Figura 8. Gráfica que muestra la tasa de generación per cápita en la región de América Latina y del Caribe, Fuente: World Bank, 2018.	
Figura 9. Generación per cápita (kg/día). Fuente: Secretaría de Obras y Servicios, 2018.	
Figura 10. Variación en la eficiencia de recolección de residuos orgánicos en 2018 con relación a 2017. Fuente: Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México, SEDEMA 2018.	
Figura 11. Destino de los residuos ingresado a la estación de transferencia, Secretaría de Obras y Servicios, 2018.	
Figura 12. Sitios de disposición final, Fuente: Secretaría de Obras y Servicios, 2018.	
Figura 13. Total de residuos recolectados en la Central de Abasto. Fuente: FICEDA, 2018.	29
Figura 14. Generación de RSU en México. Fuente: SEMARNAT, 2017.	
Figura 15. Producción de RSU por región, 2012. Fuente: Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas, SEDESOL. México 2013.	
Figura 16. Generación per cápita en México. Fuente: SEMARNAT, 2013.	
Figura 17. Composición de RSU en México. Fuente: Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas, SEDESOL, 2013.	
Figura 18. Aristas del desarrollo sostenible. Fuente: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2018.	
Figura 19. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: Naciones Unidas 2019	
Figura 20 Esquema de Análisis de Ciclo de Vida. Fuente: Instituto Superior del Medio Ambiente.	51
Figura 21 Tipos de plásticos. Fuente: Asociación Española de Industriales de Plásticos (ANAIP).	53
Figura 22. Análisis de Ciclo de Vida del unicef. Fuente: Centro de Análisis de Ciclo de Vida y diseño Sustentable, 2013.	
Figura 23. Gráfico de impactos ambientales potenciales del unicef. Fuente: Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable, 2013	56
Figura 24. Proceso para botellas plásticas, Fuente: Libélula Gestión en Cambio Climático y Comunicación, 2018.	57
Figura 25. Industria del papel en México, Fuente: Reporte de la Industria del Papel, 2017.	
Figura 26. Etapas de la gestión de residuos. Fuente: Guía general para la gestión de residuos domiciliarios, CEPAL, 2016.	
Figura 27. Relación existente entre los factores que permitan anticipar su comportamiento al ambiente, Fuente: SEMARNAT	
Figura 28. Jerarquía en el manejo de residuos sólidos. Fuente: Guía general para la gestión de residuos, CEPAL, 2016.	
Figura 29. Tecnologías usadas en el tratamiento y valorización de los residuos sólidos. Fuente: Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios, 2016.	

Figura 30. Ventajas y desventajas del reciclaje, Fuente: Guía general para la gestión de residuos domiciliarios, CEPAL, 2016.	
Figura 31. Componentes de una planta de incineración de RSU con limpieza de gases de combustión vía húmeda. Fuente: GIZ, 2017.	
Figura 32. Elementos y usos finales de una planta de digestión anaerobia. Fuente: Opciones para el aprovechamiento energética de residuos en la gestión de residuos sólidos urbanos, GIZ, 2017.	
Figura 33. Elementos del sistema de captura de gas de relleno sanitario para la generación de energía eléctrica. Fuente: GIZ, 2017.	
Figura 34. Aprovechamiento energético de los RSU, Fuente: Zúñiga, 2017.	89
Figura 35. Matriz FODA para la aplicación de instrumentos en México. Fuente: GIZ, 2017.	
Figura 36. Equipo pesado, Fuente: CEPAL/ILPES/OPS/UNC, 1996.	
Figura 37. Tractor agrícola adaptado para las operaciones de relleno sanitario, fuente: Jaramillo, 2002.	
Figura 38. Cantidad de rellenos sanitarios en México 1995- 2012, Fuente: SEMARNAT, Datos abiertos. ...	
Figura 39. Almacenamiento temporal de los residuos para la realización del muestreo.	
Figura 40. Secuencia del muestreo realizado en aulas, elaboración propia.	113
Figura 41. Fotografías de primer muestreo.	115
Figura 42. Galería de fotografías del segundo muestreo.	118
Figura 43. Fotografías del tercer muestreo.	
Figura 44. Generación de RSU al día, muestreo en aulas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.	
Figura 45. Generación de RSU por día, muestreo en comedor. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos.	
Figura 46. Generación de residuos por día, muestreo en cubículos de profesores, edificio E. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos.	
Figura 47. Composición de los residuos sólidos en aulas. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos.	
Figura 48. Composición de los residuos sólidos en comedor. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos.	
Figura 49. Composición de los residuos sólidos en cubículos de profesores edificio E. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos.	
Figura 50. Logo oficial del proyecto Tezonco Sustentable. Fuente: Coordinación del plantel SLT 2017-2019.	
Figura 51. Estructuración del Proyecto Tezonco Sustentable.	
Figura 52. Sitio web Tezonco Sustentable UACM.	
Figura 53. Presentación del MIRSU durante el semestre 2019-II.	
Figura 54. Objetivos de la segunda etapa del MIRSU.	
Figura 55. Cartel del recicladrón calendario 2020. Fuente: SEDEMA.	
Figura 56. Plantel San Lorenzo Tezonco como sede el recicladrón durante el semestre 2019-I.	
Figura 57. Presentación del MIRSU en la feria de las licenciaturas 2019-II.	
Figura 58. Cubículo del programa de energía durante la primera edición del trueque ambiental.	
Figura 59. Vista preliminar de la cápsula informativa de la primera edición del trueque ambiental. Fuente: Facebook Comunidad STL UACM.	
Figura 60. Entrega de las tapitas de plástico a la Fundación Banco de Tapitas A.C.	
Figura 61. Póster para promocionar la segunda edición del trueque ambiental.	
Figura 62. Propuesta de logotipo de la campaña Uacemitas SLT ¡Adiós al plástico!	
Figura 63. Galería de fotografías tomadas durante la primera edición del Trash Challenge.	
Figura 64. Trillizos ubicados en lugares con poca afluencia de estudiantes.	159
Figura 65. Isla de separación actual del plantel SLT.	
Figura 66. Isla de separación e interior de cada uno de los contenedores.	

Figura 67. Isla interior. Fuente: ECOPUMA, UNAM.	
Figura 68. Isla exterior. Fuente: ECOPUMA, UNAM.	
Figura 69. Isla de separación implementada en Ciudad Universitaria. Fuente: UNAM.	
Figura 70. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos de papel y cartón? elaboración propia.	
Figura 71. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos de metal? elaboración propia.	
Figura 72. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos de vidrios? elaboración propia.	
Figura 73. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos de plásticos? elaboración propia.	
Figura 74. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos de difícil aprovechamiento? elaboración propia.	
Figura 75. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos sanitarios? elaboración propia.	
Figura 76. Gráfica que muestra los resultados de la encuesta con relación a la pregunta ¿Con qué imagen relacionas los desechos orgánicos? elaboración propia.	
Figura 77. Categorías y días de recolección en la Ciudad de México.	
Figura 78. Fotografía del carrito recolector.	
Figura 79. Actual almacenamiento temporal de los residuos del plantel SLT.	
Figura 80. Gestión integral de los residuos sólidos de la UAM-Azcapotzalco, Fuente: La jornada ecológica.	
Figura 81. Plano del centro de acopio, Mazamitla. Fuente: Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos Sureste.	
Figura 82. Centro de acopio de Mazamitla, Jalisco. Fuente: Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos Sureste.	
Figura 83. Etapas y operaciones en una planta de compostaje. Fuente: Guía práctica para el diseño y la explotación de plantas de compostaje, Generalitat de Catalunya, 2016.	
Figura 84. Contenedor de unicel. Fuente: Rennueva.	
Figura 85. Programas para el manejo de RME. Fuente: SEDEMA.	194
Figura 86. Zonificación del plantel San Lorenzo Tezonco. Fuente elaboración propia.	214
Figura 87. Lo que aporta un evento sustentable. Comité para el Desarrollo Sustentable. Fuente: GIZ, 2015.	222
Figura 88. Aspectos que debe incluir la planeación de un evento sustentable. Fuente: Secretaría de Turismo de Guanajuato, 2019.	224
Figura 89. Etapas para organizar un evento sustentable. Fuente: GIZ, 2015.	226
Figura 90. Ejes de la sustentabilidad. Fuente: GIZ, 2015.	226

Índice de tablas

Tabla 1. Generación de toneladas al día por tipo de fuente	25
Tabla 2. Entidades con mayor generación de RSU	32
Tabla 3. Generación de RSU por tipo de localidad 1997-2012.....	33
Tabla 4. Enfermedades relacionadas con RSU transmitidas por vectores.....	39
Tabla 5. Marco de Indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo sostenible	48
Tabla 6. Clasificación tipos de plásticos de acuerdo a la NMX-E-232-CNCP-2011	54
Tabla 7. Emisiones según tipo de botella SMI de 355 ml y etapa	58
Tabla 8. Normas Oficiales Mexicanas.....	65
Tabla 9. Factores de frecuencia de recolección	71
Tabla 10. Barreras y estrategias para el desarrollo de proyectos de valorización energética de los RSU.	91
Tabla 11. Hoja de ruta para establecer mecanismos de cobro a los usuarios	91
Tabla 12. Hoja de ruta para asegurar demanda para la energía generada con RSU.....	93
Tabla 13. Hoja de ruta para restringir la disposición final en rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto	94
Tabla 14. Formato para el registro de datos, elaboración propia a partir de la NADF-024-AMBT-2013 .	109
Tabla 15. Calendario de realización de muestreo.....	111
Tabla 16. Resultados del muestreo en aulas	113
Tabla 17. Resultados del muestreo en comedor	116
Tabla 18. Resultados del muestreo en cubículos de profesores E.....	118
Tabla 19. Resumen de porciento en peso	126
Tabla 20. Generación per cápita en cada zona del plantel.....	127
Tabla 21. Diagrama de flujo para elaborar programas	131
Tabla 22. Primer informe de avances del MIRSU-2019.....	142
Tabla 23. Trueque de residuos por cilindro reutilizable	149
Tabla 24. Propuesta de bitácora de control sobre los residuos recolectados en el trueque ambiental ...	150
Tabla 25. Formato para el registro y cuantificación de residuos.....	151
Tabla 26. Cantidad de islas de separación	160
Tabla 27. Cantidad de islas propuestas en edificios A, B y C.....	161
Tabla 28. Cantidad de islas propuestas en los pasillos	161
Tabla 29. Cantidad de islas propuestas para los estacionamientos.....	162
Tabla 30. Cantidad de islas propuestas para el edificio de profesores	162
Tabla 31. Cantidad de islas propuestas para otras áreas comunes	162
Tabla 32. Colores para las islas de separación de acuerdo con la norma ambiental NADF-024-AMBT-2013.....	166
Tabla 33. Ubicación, cantidad y tipo de isla	166
Tabla 34. Presupuesto de material para la opción 1.....	168
Tabla 35. Material requerido para la isla inferior.	170
Tabla 36. Material requerido para la isla exterior.	171
Tabla 37. Comparativa en tema de mantenimiento.	173
Tabla 38. Resultados de la encuesta para la realización de los pictogramas correspondientes.	180
Tabla 39. Propuesta de recolección de residuos sólidos por día y tipo de residuo.	182
Tabla 40. Información general del centro de acopio	185
Tabla 41. Precio por kg de diferentes tipos de residuos	193
Tabla 42. Indicadores para el MIRSU	198
Tabla 43. Rendimientos de metano y energía de sustratos de residuos orgánicos.	201

<i>Tabla 44. Datos recabados en el muestreo en aulas.....</i>	<i>215</i>
<i>Tabla 45. Resaltados del muestreo en aulas.....</i>	<i>215</i>
<i>Tabla 46. Resultados del muestreo de la zona de laboratorio.....</i>	<i>217</i>
<i>Tabla 47. Resultados del cuarteo en oficinas del edificio C.....</i>	<i>218</i>
<i>Tabla 48. Resultados del cuarteo en comedor, turno matutino</i>	<i>219</i>

Referencias

- Agencia Reforma. (2019). *Rellenos sanitarios en México operan fuera de norma*. Obtenido de <https://www.debate.com.mx/mexico/Rellenos-sanitarios-en-Mexico-operan-fuera-de-norma-20190305-0145.html>
- Alarcón et al. (2017). *Análisis de instrumentos de política pública para estimular la valorización energética de residuos urbanos en México y propuestas para mejorarlos y ampliarlos*. Ciudad de México: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ MÉXICO).
- Ambientum formación. (02 de 12 de 2019). *El Portal Profesional del Medio Ambiente*. Obtenido de Características de los residuos sólidos: https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/caracteristicas_quimicas_de_los_rsu.asp
- ANIQ . (30 de 07 de 2019). *Unicel ¿Qué es? ANIQ*. Obtenido de Asociación Nacional de la Industria Química: <http://www.aniq.org.mx/cipres/unicel/index.html>
- Asociación Española de Industriales de Plástico. (30 de 07 de 2019). *ANAIP*. Obtenido de La transformación de los plásticos: <https://www.anaip.es/los-plasticos/que-es.html>
- Asociación Nacional de Industrias del Plástico . (30 de 07 de 2019). *Biblioteca del plástico*. Obtenido de <http://www.bibliotecadelplastico.com.mx/32-plasticos>
- Badii, M. (2004). *Desarrollo sustentable: fundamentos, perspectivas y limitaciones*. 201.
- Ballard, M. (2007). *Conocimientos básicos en educación ambiental. Base de datos para la elaboración de actividades y programas*. Barcelona: GRAÓ.
- Basham. (05 de 07 de 2019). *SE PUBLICA EN LA GACETA OFICIAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO EL DECRETO DE REFORMA A LA LEY DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO FEDERAL EN MATERIA DE DISTRIBUCIÓN Y VENTA DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO*. Obtenido de <https://www.basham.com.mx/se-publica-en-la-gaceta-oficial-de-la-ciudad-de-mexico-el-decreto-de-reforma-a-la-ley-de-residuos-solidos-del-distrito-federal-en-materia-de-distribucion-y-venta-de-plasticos-de-un-solo-uso/>
- BBC News Mundo. (2018). *ANIMAL POLITICO*. Obtenido de México, el país que más basura genera en América Latina ¿cuáles son las naciones que le siguen?: <https://www.animalpolitico.com/2018/10/mexico-genera-basura-paises-america-latina/>
- Bernache Pérez, G. (2011). *Riesgo de contaminación por disposición final de residuos. Un estudio de la región occidente de México*. *Rev. Int. Contam. Ambie.*(28), 98-115. Recuperado el 03 de 02 de 2020, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28s1/v28s1a14.pdf>

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2021). Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos. *LGSM [texto vigente, última reforma publicada DOF 19-01-18]. Diario Oficial de la Federación*. México. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf
- Cervantes Niño, J. J., & Palacios, H. L. (2012). El trabajo en la pepena informal en México: nuevas realidades, nuevas desigualdades. *Estud. demogr. urbanos [Online]*, 27(1), 95-107. Recuperado el 03 de 02 de 2020, de <https://dx.doi.org/10.24201/edu.v27i1.1406>
- CMMAD. (1987). Informe Brundtland., (págs. 59-61).
- Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit GIZ. (2017). Opciones para el aprovechamiento energético de los residuos en la gestión de los residuos sólidos urbanos. Eschborn.
- Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. (26 de 02 de 2020). *Delegación del Distrito federal*. Obtenido de <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM09DF/delegaciones/09007a.html>
- Escalona Guerra, E. (Mayo de 2014). Daños a la salud por mala disposición de residuos sólidos y líquidos en Dili, Timor Leste. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52, 270-277. Recuperado el 03 de 02 de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000200011
- Eschenhagen, M. L. (2020). Ensayo Criterios ambientales en la educación ambiental . *Primer Coloquio Virtual Estrategias y retos en la educación ambiental en Mesoamérica*. Colombia.
- Estrella, M. V., & González, A. (2017). *Desarrollo Sustentable, Un nuevo mañana* (Segunda edición ed.). Ciudad de México, México: Grupo editorial patria.
- Gallego, A. (2008). *Direfenciación espacial en la metodología de análisis del ciclo de vida: Desarrollo de factores Reigionales para la eutrofización acuática y terrestre*. Santiago de Compostela, España: USC.
- Gareca, M., & Villarpando, H. (Junio de 2017). Impacto de las áreas verdes en el proceso de enseñanza aprendizaje. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 14(15), 877-892. Recuperado el 26 de 02 de 2020, de http://www.scielo.org.bo/pdf/rcti/v14n15/v14n15_a06.pdf
- Generalitat de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat. (2017). *Guía práctica para el diseño y la explotación de plantas de compostaje*. Obtenido de http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/form/GuiaPC_web_ES.pdf
- GIZ. (2015). *Guía para la realización de eventos sustentables*. Obtenido de <https://www.emm-network.org/wp-content/uploads/2015/09/GIZ-Mexico-Guia-Eventos-Sustentables-Manual-Soporte.pdf>
- Gobierno de canarias. (26 de 02 de 2020). *Programa y redes educativas*. Obtenido de Programa de educación ambiental:

- <https://www.gobiernodecanarias.org/educacion/web/programas-redes-educativas/programas-educativos/educa-ambiental/>
- Hernández Santibañez, M. (2014). Manejo de residuos sólidos en instituciones educativas, plan de manejo integral de residuos sólidos para la primaria Nueva Zelandia (Tesis de pregrado). Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- ICESMA. (2017). *Instituto de Capacitación Especializado en Sustentabilidad y Medio Ambiente A.C.* Obtenido de ¿Sabías qué? Los pepenadores viven de y en la basura: <https://icesma.org.mx/sabias-que-los-pepenadores-viven-de-y-en-la-basura/>
- INEGI. (2017). *Anuario Estadístico y Geográfico de la Ciudad de México.* Obtenido de https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/CDMX_ANUARIO_PDF.pdf
- INEGI. (2020). *Cuéntame, Información por entidad.* Obtenido de Clima: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/territorio/clima.aspx?tema=me&e=09>
- INEGI, & INE. (2000). *Indicadores de Desarrollo Sustentable en México.* Obtenido de http://www.nies.go.jp/db/sdidoc/indicadores_desarrollo_sustentable.pdf
- Infobae. (09 de 01 de 2020). *El unicef tarda hasta 1,600 años en degradarse y puede ser altamente agresivo para tu salud: Cofepris y Profeco.* Obtenido de <https://www.infobae.com/america/mexico/2020/01/09/el-unicef-tarda-hasta-1600-anos-en-degradarse-y-puede-ser-altamente-agresivo-para-tu-salud-cofepris-y-profeco/>
- Jaramillo, J. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios, una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones. Antioquia, Colombia.
- Libélula Gestión en Cambio Climático y Comunicación. (2019). *Recicla, PE!* Obtenido de Análisis de Ciclo de Vida de las emisiones GEI de la producción de las botellas de PET: <http://reciclape.org/wp-content/uploads/2019/04/Informe-FINAL-ACV-GEI-Lib%C3%A9lula.pdf>
- López Juambelz, R. (octubre de 1990). Impacto de los desechos sólidos sobre el medio. *Ciencias*(20). Recuperado el 03 de 02 de 2020, de <https://www.revistaciencias.unam.mx/en/168-revistas/revista-ciencias-20/1507-el-impacto-de-los-desechos-s%C3%B3lidos-sobre-el-medio.html>
- López Rodríguez , Á., Sierra Corea, L. C., & Lozano Rivera, P. (2012). Criterios de Zonificación Ambiental usando técnicas participativas y de información: estudio de caso zona costera del departamento del Atlántico. *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras*, 61-83.
- Milenio. (2019). *Industriales ponen freno a emisiones contaminantes con reciclaje.* Obtenido de <https://www.milenio.com/negocios/industriales-ponen-freno-emisiones-gei-reciclaje>

- Ministerio de Agricultura, alimentación y medio ambiente. (2014). *Manual de eventos sostenibles*. Obtenido de <http://eventossostenibles.org/wp-content/uploads/2014/03/Manual-ES-v4.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2016). Aprende a prevenir los efectos del mercurio, Modulo 2: Residuos y áreas verdes. Lima, Peru.
- Ministerio del ambiente. (s/f). Contaminación ambiental causada por los residuos sólidos. En *Conocimientos científicos básicos*. Lima, Perú.
- North American Association for Environmental Education. (2009). Guía para elaborar programas de educación ambiental no formal. Washington, DC, USA.
- Ocampo, U. E. (2013). Análisis de Ciclo de Vida de las botellas de PET que se recolectan como residuo en el Municipio de Ecatepec de Morelos (tesis de maestría). Ciudad de México, México: Universidad Autónoma de la Ciudad de México.
- ONU. (2019). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de La Agenda de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
- Pérez, A. R. (2002). ¿Qué son los indicadores? *Revista de información y análisis* núm. 19, 52.
- QuimiNet. (12 de 10 de 2019). *Todo lo que quería saber del PET*. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/todo-lo-que-queria-saber-del-pet-2806.htm>
- Red Mexicana de bioenergía. (2020). *Biocombustibles líquidos*. Obtenido de <http://rembio.org.mx/areas-tematicas/biocombustibles-liquidos/>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor (FAO)*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Rondón Toro et al. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Obtenido de CEPAL, Naciones Unidas: [File PDF]
- Ruíz Escobar, C. M. (2015). Propuesta de campaña de educación ambiental para la Ciudad Universitaria (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Santos Aguilar, J., & Zabala García, D. A. (2016). Evaluación de la Producción de etanol a partir de Residuos Orgánicos y sus diferentes mezclas, generados en al empresa de alimentos SAS S.A.S. *Tesis de pregrado. Fundación Universidad de América*. Bogotá, Colombia.
- Seale and Associates. (2017). *Reporte de la Industria del Papel*. Obtenido de <http://mnamexico.com/wp-content/uploads/2017/05/Industria-Papel-4.pdf>
- Secretaría de Salud. (07 de 05 de 2020). *#Quédateencasa*. Obtenido de <https://coronavirus.gob.mx/>
- Secretaría de Turismo de Guanajuato. (2019). *Guía de buenas prácticas para la organización de eventos sustentables*. Obtenido de <https://sectur.guanajuato.gob.mx/sustentabilidad/wp-content/uploads/2020/08/Guia-de-buenas-practicas-organizacion-eventos-sustentables.pdf>
- SEDEMA. (2018). *Inventario de residuos sólidos d ela Ciudad de México*.

- SEDEMA. (2018). *Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México 2018*. Obtenido de <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/IRS-2018-VF-09-09-2019.pdf>
- SEDEMA. (2019). *Residuos sólidos*. Obtenido de <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/residuos-solidos>
- SEDEMA. (21 de 01 de 2020). *Programas*. Obtenido de Reciclatrón: <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/reciclatron>
- SEDESOL. (2011). *Atlas de riesgos naturales de la delegación de Iztapalapa*. Ciudad de México.
- SEDESOL. (s/f). *Manual Técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales*. México.
- SEMARNAT. (2013). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*.
- SEMARNAT. (2017). *Residuos Sólidos Urbanos*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>
- SEMARNAT. (24 de 07 de 2018). *Diferencia entre sustentable y sostenible*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/diferencia-entre-sustentable-y-sostenible>
- SEMARNAT. (2018). *Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. México.
- SEMARNAT. (2018). *SEMARNAT recolecta cinco mil toneladas de basura en la jornada Limpiemos Nuestro México*. Obtenido de <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/semarnat-recolecta-cinco-mil-toneladas-de-basura-en-jornada-de-limpiemos-nuestro-mexico>
- SEMARNAT. (s/f). *Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU)*. Obtenido de <http://cecaedesu.semarnat.gob.mx/>
- Simar sureste Sistema Intermunicipal de Manejo de Residuos. (2017). *Manual de operación de centro de acopio de residuos valorizables Mazamitla*. Obtenido de <https://simarsureste.org/wp-content/uploads/2017/11/MANUAL-DE-OPERACION-CENTRO-DE-ACOPIO.pdf>
- Two sides. (2016). *Ciclo de vida de papel*. Obtenido de <https://co.twosides.info/CO/ciclo-de-vida-del-papel/>
- United States Agency. (2014). *Pautas ambientales sectoriales para un diseño ambientalmente sólido*. Obtenido de Energía a pequeña escala.
- Urbina Reynaldo, M. O., & Zúñiga Igarza, L. M. (2016). Metodología para el ordenamiento de los residuos sólidos domiciliarios. *Ciencia en su PC*, 18-22.
- Vázquez, Alethia; Beltrán, Margarita; Espinosa, Rosa María; Velasco, Maribel. (30 de Julio de 2019). *El origen de los plásticos y su impacto en el ambiente, UAM*. Obtenido de Asociación Nacional de Industrias del Plástico A.C.: <https://anipac.com/wp-content/uploads/2018/09/origendelosplasticos.pdf>

Voluntariado.S1917. (2017). *Guía práctica de operación de centros de acopio*. Obtenido de https://travesiasdigital.com/wp-content/uploads/2017/09/GuiaPracticaOperacionCentroAcopio_LR.pdf

World Bank Group. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste*. Washington: International Bank for Reconstruction and Development.