



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN

Maestría en Gobierno y Administración

**PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS
SOLIDOS URBANOS EN NAUCALPAN DE JUÁREZ,
ESTADO DE MÉXICO**

“Tesis para obtener el grado de Maestro en Gobierno y Administración”

Sustentante:

Ing. Sergio Rodríguez Muñoz

Asesor de la Tesis:

Mtro. Fabio Rodríguez Korn

Prologo.

Agradezco a la Ciudad de Puebla, a su gente, a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y a la Facultad de Administración, por la nueva oportunidad en mi vida como servidor público, de darme nuevas herramientas para mejorar en mi desarrollo profesional en especial el regresar a la academia después de muchos años de ausencia.

Mismas que hoy me han sido de mucha utilidad en la toma de decisiones, buscando la eficiencia y la eficacia en mí que hacer diario como Director General de Medio Ambiente en el Gobierno Municipal de Naucalpan de Juárez en el Estado de México, y poder incidir en una mejor administración pública, utilizando los conocimientos adquiridos respecto a la historia mundial y en específico en México; para la realización de las políticas públicas y sus impactos en la sociedad.

Es por ello que durante el proceso de la maestría, fui planteando el tema de esta Tesis como un problema de gran importancia a resolver, no tan solo en Naucalpan, si no en México, con beneficio social, económico, de salud, del medio ambiente, cultural, y muchos más. Y con la fortuna que al término de los estudios de la Maestría me den el cargo antes mencionado, porque no tan solo ahora es un tema de tesis teórica, si no realmente es parte de una práctica profesional, que se está desarrollando actualmente como un Plan integral que se está realizando con una proyección a corto, mediano y largo plazo. Para esta tesis se han sumado un factor importante a considerar el ser incluyente de aquellos planteamientos, estudios, investigaciones realizadas a lo largo de dos años y medio por un servidor, Instituciones gubernamentales a nivel Federal, Estatal, Municipales, Instituciones académicas, Organizaciones internacionales y nacionales, Privadas, a todos les estoy muy agradecido por sus aportaciones y disposición permanente en el proyecto, y seguramente a lo largo del proyecto se irán sumando de manera estratégica otras más. Al final de este proceso se obtendrá una política pública que derivará en impactos positivos que se podrán evaluar y entrar a

un proceso de mejora continua. Otros factores considerados son la Transversalidad y la resiliencia desde el planteamiento inicial en la planeación hasta la ejecución del mismo.

Mi amor y respeto a mi familia, que son el motor para realizar mis actividades con alegría e impulsan a superarme todos los días, a las personas que me rodean del que tengo un permanente aprendizaje y me motivan a seguir adelante con mis proyectos, muchas gracias a todos.

Índice

Introducción.	1
Contenido.	
Capítulo 1. Características sociodemográficas del Municipio de Naucalpan de Juárez.	4
1.1. Información general de Naucalpan de Juárez.	4
1.1.1. Antecedentes históricos.	4
1.1.2. Localización y división territorial.	6
1.1.3. Clima e hidrografía.	8
1.1.4. Geología y Orografía.	10
1.1.5. Biodiversidad y usos de suelo.	12
1.2. Aspectos sociales del Municipio de Naucalpan de Juárez.	15
1.2.1. Demografía.	15
1.2.2. Población Económicamente Activa (PEA).	18
Capítulo 2. Contexto.	20
2.1. Antecedentes de los residuos sólidos urbanos.	20
2.2. Antecedentes en Naucalpan de Juárez de los residuos sólidos urbanos.	27
2.3. La gestión de los residuos sólidos urbanos.	29
Capítulo 3. Marco jurídico en materia de residuos sólidos urbanos.	34
3.1. Normatividad Federal Mexicana.	35
3.1.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	36
3.1.2. Plan Nacional de Desarrollo.	36
3.1.3. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.	37
3.1.4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LPGIR).	38

3.1.5. Ley General de Cambio Climático.	42
3.1.6. Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas.	42
3.2. Normatividad en el Estado de México.	44
3.2.1. Código para la Biodiversidad del Estado de México.	45
3.2.2. Reglamento del Libro Cuarto del Código para la Biodiversidad del Estado de México.	53
3.2.3. Normas Técnicas Estatales Ambientales.	54
3.3. Normatividad en el Municipio de Naucalpan de Juárez.	55
3.3.1. Plan Municipal de Desarrollo.	56
3.3.2. Bando Municipal 2017.	56
3.3.3. Reglamento de Conservación Ecológica y Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Municipio de Naucalpan de Juárez.	56
Capítulo 4. Marco Conceptual del Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.	64
4.1. Estrategia.	64
4.2. Gestión.	65
4.3. Residuos sólidos urbanos.	66
Capítulo 5. Estrategia para la gestión.	69
5.1. Justificación de la estrategia para la gestión.	69
5.2. Objetivo de la estrategia para la gestión.	70
5.2.1. Objetivo general.	70
5.2.2. Objetivos específicos.	71
5.3. Planteamiento de la estrategia.	72
5.4. Viabilidad de la estrategia para la gestión.	76

5.5. Grupos de interés en la estrategia.	79
5.6. Experiencias internacionales.	81
Capítulo 6. Condición Actual de los Residuos Sólidos Urbanos en Naucalpan.	87
6.1. Generación de Residuos.	87
6.2. Generación Per cápita de Residuos Sólidos.	87
6.3. Servicio de Recolección de RSU y Limpia en Naucalpan de Juárez.	92
6.4. Barrido Manual.	94
6.5. Barrido Mecánico.	94
6.6. Infraestructura para el Manejo de los Residuos.	94
6.7. Vehículos recolectores.	95
6.8. Rutas de Recolección.	95
Capítulo 7. Programas a desarrollar en la ejecución de la estrategia.	96
7.1. Estrategia de financiamiento.	97
7.2. Programa de difusión del Plan.	98
7.3. Programa de separación de origen.	99
7.4. Programa de recolección y transportación.	101
7.5. Programa de comercialización de reciclados.	105
7.5.1. Programa de centros de acopio.	107
7.5.2. Comercialización de los materiales reciclables.	108
7.6. Programa de la estación de transferencia.	110
7.7. Planta de aprovechamiento y de disposición final.	113
7.7.1. Estación de descarga de residuos orgánicos.	113
7.7.2. Estación de descarga de residuos no comercializables.	114

7.7.3. Planta de separación automática.	114
7.7.4. Biodigestor.	116
7.7.5. Tanque de almacenamiento de Biogás Metano.	119
7.7.6. Planta de generación de energía eléctrica.	119
7.7.7. Estación de secado de sólidos.	119
7.7.8. Planta de compostaje de los residuos del biodigestor.	121
7.7.9. Celda de disposición final.	122
7.8. Otras plantas para aprovechamientos de los residuos.	122
7.8.1. Planta de generación de energía eléctrica de las celdas de disposición final.	122
7.8.2. Planta de generación de energía eléctrica y calorífica por Termo valorización.	123
7.8.3. Planta de composta a partir de los residuos verdes.	124
7.8.4. Planta de generación de energía a partir de tecnología fotovoltaica.	125
Conclusiones y recomendaciones.	126
Bibliografía.	129
Anexos.	133
Anexo 1	134
Anexo 2	140
Anexo 3	147
Anexo 4	194
Anexo 5	223
Anexo 6	233
Anexo 7	262

Lista de tablas

Tabla 1. Superficies de uso de suelo en territorio municipal.	13
Tabla 2. Censo poblacional por edad y sexo en Naucalpan de Juárez, 2015.	17
Tabla 3. Proyección de la generación anual de RSU 2010-2030.	88
Tabla 4. Precios de subproductos derivados de RSU en Naucalpan.	108

Lista de figuras

Figura 1. Cartografía del Municipio de Naucalpan de Juárez.	7
Figura 2. Mapa de los Tipos y subtipos de climas.	9
Figura 3. Mapa de la Hidrología y relieve.	10
Figura 4. Mapa de la Geología del Municipio de Naucalpan de Juárez.	11
Figura 5. Grafica de la Pirámide de edad del Estado de México, 2010.	16
Figura 6. Grafica de la Pirámide de edad de Naucalpan de Juárez, 2010.	16
Figura 7. Vehículos antiguos para la recolección de residuos sólidos urbanos.	23
Figura 8. Marco Legal de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.	34
Figura 9. Fotografías de la Feria Internacional del Urbanismo y del Medio Ambiente TECMA 2008, Madrid, España.	83
Figura 10. Fotografías del aprovechamiento energético de residuos urbano, realizado en un taller y recorrido a plantas de energías limpias del 12 al 30 de mayo del 2017 en Alemania.	84-85
Figura 11. Grafica de Composición de Residuos en Naucalpan de Juárez, México.	90
Figura 12. Grafica de Caracterización de residuos con potencial de aprovechamiento.	91
Figura 13. Grafica de Comparativo de los resultados de la caracterización de los residuos Sólidos urbanos en Naucalpan de Juárez.	92
Figura 14. Diagrama de Flujo del Servicio de Recolección en Naucalpan	93
Figura 15. Diagrama de Flujo del tren de tratamiento del Biodigestor.	117
Figura 16. Proceso de generación de energía eléctrica en un relleno sanitario.	123

Introducción.

Con el objetivo de tener un cambio de hábitos los ciudadanos en el manejo de los residuos, así como mejorar la calidad de vida, su economía, el medio ambiente en el que se desenvuelven los naucalpanes, y poder resolver un problema público que se tiene en el Municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México. Se propone la implementación de un Plan de Gestión Integral de Residuos de Sólidos Urbanos (RSU) como una política pública que dé solución al mismo, y que servirá como un referente para todo el país, con sus adecuaciones a las condiciones específicas de cada localidad. Considerando todos los elementos humanos, económicos, sociales y tecnológicos posibles a considerar a nivel nacional e internacional, para garantizar su operación sin problemas. Soportado con información, investigación, análisis que den certidumbre al proyecto.

Es por ello que plantea una metodología para su desarrollo, iniciando por las características del territorio municipal para tener el contexto claro donde se ejecutarán las diferentes acciones, como su historia, su territorio, su vecindad con otros municipios y alcaldías de la Ciudad de México como parte de la zona metropolitana, su clima, sus condiciones físicas, su población y su economía.

Posteriormente se describe como la humanidad a conceptualizado los residuos sólidos en desarrollo de las zonas urbanas, también se pone en contexto la problemática de los residuos en Naucalpan en las últimas décadas, provocada por la inadecuada gestión de los residuos sólidos urbanos en Naucalpan de Juárez, Estado de México y en general en la República Mexicana, ocasionado por: políticas públicas inapropiadas, al crecimiento de la zona metropolitana, la falta de inversión en tecnología y equipamiento, mayor oferta de bienes de consumo, diferentes intereses de grupos de poder, y un manejo ineficiente de los residuos desde el origen hasta su destino final. Y lo que debemos entender por la gestión de los residuos, en cantidad, composición

y de la economía alrededor de esta actividad; todos estos elementos contribuyen actualmente al deterioro de la salud pública, de la economía informal, de la imagen urbana, a una explotación de bienes innecesaria y al incremento de la contaminación de agua, el aire y el suelo.

Debido a estas circunstancias y a la necesidad que existe alrededor del cambio climático y el medio ambiente, las autoridades nacionales, estatales y municipales han incorporado de manera general, en sus planes de desarrollo una gestión sustentable del ambiente, pero poco se hace para mejorar las condiciones actuales en el manejo de los residuos sólidos urbanos y en general por el medio ambiente. Situación que tiene que ver con la falta de inclusión de la variable ambiental y su impacto económico en la planeación urbana-ambiental en la ciudad.

También es importante considerar en el plan a la normatividad existente desde lo federal hasta lo local, es por esa razón que se mencionan aquellas que tienen que ver con el tema de los residuos sólidos urbanos en nuestro país. Poniendo claro el sustento legal para desarrollar el plan y no contravenir alguna disposición, teniendo que realizar acciones complejas en cambios legislativos. Cabe mencionar aunque ya existen leyes federales, locales, normas oficiales que regulan la gestión de los residuos sólidos, el problema radica en que la mayoría de los municipios, siguen disponiendo en tiraderos a cielo abierto sin separar los materiales, y son muy elevados los costos para implementar las soluciones viables.

Es por ello que se pretende establecer una estrategia del manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos, eliminando las deficiencias del sistema y proponer soluciones como eje principal el mayor aprovechamiento de materiales reciclables, la difusión de la reutilización de los productos que adquieren, antes de que lleguen a ser considerados residuos; para lograr reducir la mayor cantidad de estos que lleguen a las plantas de aprovechamiento o al relleno sanitario,

implementando y adaptando las tecnologías que existen en el mundo. Para darle una claridad al plan, se describe un marco conceptual de estrategia, gestión y residuos sólidos urbanos.

Para dar paso al desarrollo de la estrategia, empezando por la justificación de la misma y planteando los objetivos de una manera clara, que permitan un cambio permanente en la actitud de la ciudadanía y sus instituciones ante el manejo de los residuos; después el planteamiento, viabilidad del proyecto y visualización de los grupos de interés con los que se tiene que interactuar en las diferentes etapas del proyecto. También se mencionan algunas experiencias de este planteamiento a nivel internacional.

De ahí comentamos las condiciones actuales de la gestión de los residuos sólidos urbanos en el municipio, las que proponemos cambiar de una manera radical para dar solución a la problemática existente. Desde ¿qué y cuanto se genera?, como se recolecta y transporta, la infraestructura con que se cuenta y su confinamiento final.

Y para los alcances de esta tesis describiremos brevemente los programas y acciones a desarrollar para el cumplimiento del plan, incluyendo una economía circular, la participación social, reingeniería de sistemas, las tecnologías a implementar a nivel mundial. Que por sí mismos se tendrán que plantear de manera individual por su complejidad y analizar aquellas que se tendrán que implementar de manera paralela para su mejor resultado.

Finalmente comento aquellos puntos que considero importante resaltar o los que hay que tener cuidado en la implementación del plan.

Capítulo 1. Características sociodemográficas del Municipio de Naucalpan de Juárez.

1.1. Información general de Naucalpan de Juárez.

Iniciaremos con el significado de su toponimia “Naucalpan”, nombre náhuatl como "El lugar de los cuatro barrios" o "En los cuatro barrios" y de acuerdo a las raíces etimológicas quiere decir "en las cuatro casas" y sus componentes fonéticos son: “Nau, contracción gramatical de nahui, quiere decir "Cuatro"; cal deriva de calli, que quiere decir "Casa", y pan, se debe interpretar, en este caso, como "En" o como "Lugar", "En las cuatro casas" o lugar de las cuatro casas". En el año de 1874, un 3 de septiembre se le agrega el apellido de Don Benito Juárez al nombre de Naucalpan, para quedar como Villa de Juárez.

El escudo está integrado con una escritura ideográfica prehispánica, donde se observan los siguientes glifos: “en la parte inferior un tépetl para denotar el lugar o sitio, y sobre de éste, el signo de calli, "Casa", y encima el numeral nahui, "Cuatro", "En las cuatro casas". Y los cuatro pueblos a los que hace referencia son: San Lorenzo Totolinga, San Luis Tlatilco, San Juan Totoltepec, San Esteban Huitzilacasco”, que actualmente existen como pueblos con iglesias de la época de la Colonia. (H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez. (2018). Denominación: Naucalpan. Naucalpan de Juárez, Méx. *Naucalpan*. Recuperado de <https://naucalpan.gob.mx/historia/>).

1.1.1. Antecedentes históricos.

De la prehistoria se puede decir que la cuenca de Anáhuac en la que Naucalpan se encontraba, se asentaron pobladores desde hace 20,000 años, durante el horizonte preclásico (1400 a 1300 a. de C) los Olmeca llegaron a la zona contribuyendo de manera importante al enriquecimiento de la cultura Tlatilca (ubicada en Los Cuartos, Totolinga y Naucalpan). Posteriormente estos

tlatilquenses que estaban establecidos en el cerro Tepalcate fueron atraídos por la corriente del desarrollo Teotihuacano.

En la época prehispánica, se establecieron en el barrio de Tlacopan que hoy conocemos como Tacuba y sus habitantes pertenecían a la parcialidad Otomí. Los hallazgos arqueológicos de Tlatilco revelan los alcances sociales de aquella cultura, anterior a la Teotihuacana, la Tolteca, la Chichimeca, y, desde luego, a la Azteca.

A partir del año 1428, el territorio perteneció al imperio Tepaneca de Atzacotzalco, pero derrotado éste por la Triple Alianza, y desposeído de todos sus dominios, los monarcas de la Gran Tenochtitlán los cedieron al Señorío de Tlacopan. En 1521, a la caída de la Gran Tenochtitlán el Señorío de Tlacopan fue nulificado por el dominio español y Naucalpan siguió correspondiendo a Tlacopan, Hernán Cortés otorgó a Isabel Moctezuma y Alonso de Grado, el pueblo de Tacuba, Huixquilucan y San Bartholome Naucalpan, entre otros.

En la evangelización Naucalpan fue al principio una visitaduría de los franciscanos del convento de San Gabriel de Tacuba, pero hacia 1875, se convirtió en vicaría fija. Durante la colonia se explotó cantera, arena y grava para construir múltiples iglesias y palacios, incluidos la catedral metropolitana y el palacio nacional de México. Además se tributaba carbón para la Casa de Moneda.

En julio de 1821 apareció en Naucalpan el Diario Militar de los hermanos Joaquín y Bernardo Miramón. En la redacción de ese periódico intervino José Joaquín Fernández de Lizardi, El Pensador Mexicano. Y el 1 de enero de 1826, se efectuó la erección de Naucalpan. Durante La Reforma, a mediados del siglo XIX, Naucalpan pertenecía como juzgado de paz al distrito y partido de Tlalnepantla, junto con Huixquilucan, Monte alto y Monte bajo. El 5 de noviembre de 1860 a las cuatro de la madrugada, salió de Naucalpan el presidente Benito Juárez en compañía de

sus ayudantes y del joven ministro Isidoro Díaz, con dirección a Querétaro. Desde el principio de la Independencia fue una población dependiente de Tlalnepantla, pero tuvo ayuntamiento propio. El 10 de agosto de 1906, durante el Porfiriato, se introdujo el alumbrado público de Naucalpan. El presbítero Santiago Garza Treviño, en 1908 reconstruyó los arcos que dan acceso al atrio o antiguo panteón del santuario de Los Remedios.

Los jefes zapatistas Rafael Carrillo y Román Díaz en 1912 operaron en los montes de Chimalpa hostilizando constantemente a las fuerzas federales. Para 1934, Miguel Alemán Valdés era dueño del rancho La Herradura, cercano a Cuatro Caminos, a donde Gabriel Ramos Millán promovió que se cambiara la plaza de toros El Toreo.

Naucalpan de Juárez adquirió la categoría de ciudad en 1957 y se funda Ciudad Satélite. En 1963, arquitectos mexicanos culminaron las obras de Ciudad Satélite, las cinco torres de Ciudad Satélite en Naucalpan fueron diseñadas por Matías Goeritz. Naucalpan se convierte en uno de los municipios más industrializados del país, reconocido así en 1975. Y para el 19 de marzo de 1976, la Legislatura del Estado de México decreta que el municipio de Naucalpan se denominará "Naucalpan de Juárez". (INAFED (2018). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, historia. Naucalpan de Juárez. México. *Inafed*. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15057a.html>).

1.1.2. Localización y división territorial.

Localizado geográficamente en la parte media del Estado de México colindando al oriente con la Ciudad de México, como parte de la zona metropolitana, en las siguientes coordenadas: latitud: mínima 19°24'40'; máxima 19°32'09" y longitud: mínima 99°12'22"; máxima 99°24'50", y una altitud desde 2,200 a los 3,250 metros sobre el nivel medio del mar.

Con una extensión territorial de 156.63 km², que representa aproximadamente 0.7 % del territorio del Estado de México. Colinda al norte con el municipio de Atizapán de Zaragoza; al sur con el municipio de Huixquilucan; al este, con la Alcaldía de Azcapotzalco de la Ciudad de México; y al oeste con el municipio de Jilotzingo; al noroeste con los municipios de Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla de Baz y la Alcaldía de Azcapotzalco de la Ciudad de México; al sureste con las Alcaldías de Azcapotzalco y Miguel Hidalgo ambas de la Ciudad de México, y el municipio de Huixquilucan; al suroeste con los municipios de Jilotzingo, Otzolotepec, Xonacatlán, Lerma y Huixquilucan. (INAFED (2018). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, localización. Naucalpan de Juárez. México. inafed. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15057a.html>).

Cartografía del Municipio de Naucalpan de Juárez

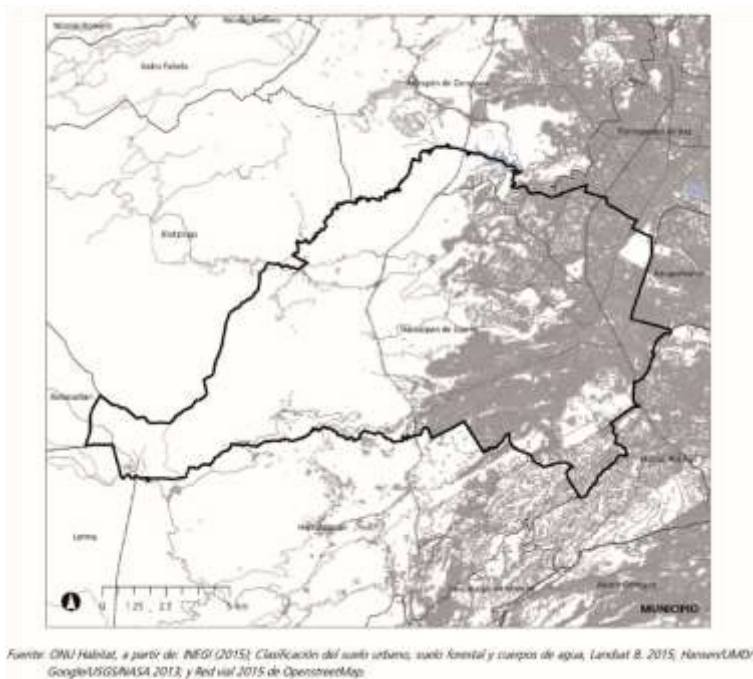


Figura 1. (H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez (2016), *Cartografía del Municipio de Naucalpan de Juárez* (mapa) Recuperado de <https://naucalpan.gob.mx/plan-de-desarrollo-municipal-naucalpan-de-juarez-2016-2018/>).

El municipio de Naucalpan de Juárez conforme a lo establecido en el bando municipal 2018, la división territorial está integrada por 18 pueblos, 130 colonias; 85 fraccionamientos residenciales; 6 fraccionamientos industriales, 2 fraccionamientos campestres y 7 ejidos.

1.1.3. Clima e hidrografía.

Predomina un clima templado-húmedo, con una temperatura media anual de 15°C, con una mínima de 3.4°C y una máxima de 32.5°C. Con un verano fresco y se distinguen tres sub-tipos diferentes de climas por su altura sobre el nivel medio del mar, humedad y temperatura, estos son:

- Templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, presentado en 47% del territorio municipal.
- Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, presentado en 41% del municipio.
- Semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, presentado en 12% del municipio.

En el verano las lluvias se presentan con una precipitación media anual de 972.2 mm, al este de la Presa Totolinga aumentan hasta 1,000 mm y al oeste disminuye a una media de 665 mm. Con un porcentaje de humedad medio de 70%, con un registro máximo en el verano del 81% y un mínimo en el invierno del 45%. La época de frío se presenta entre los meses de noviembre a febrero, en las que caen heladas esporádicas; respecto a los vientos que duran hasta los meses de febrero y marzo con mayor intensidad recientemente. (INAFED (2018). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, clima. Naucalpan de Juárez. México. inafed. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15057a.html>).

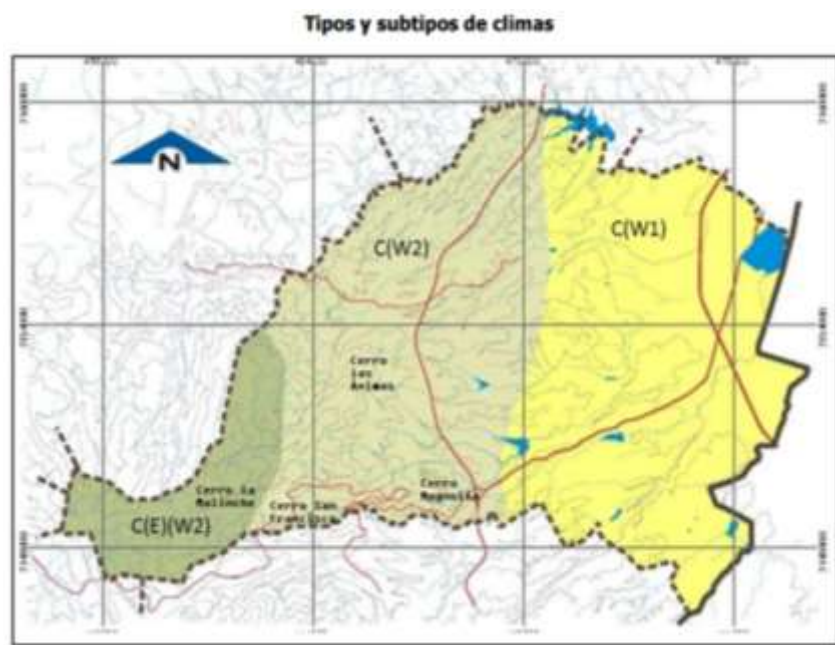
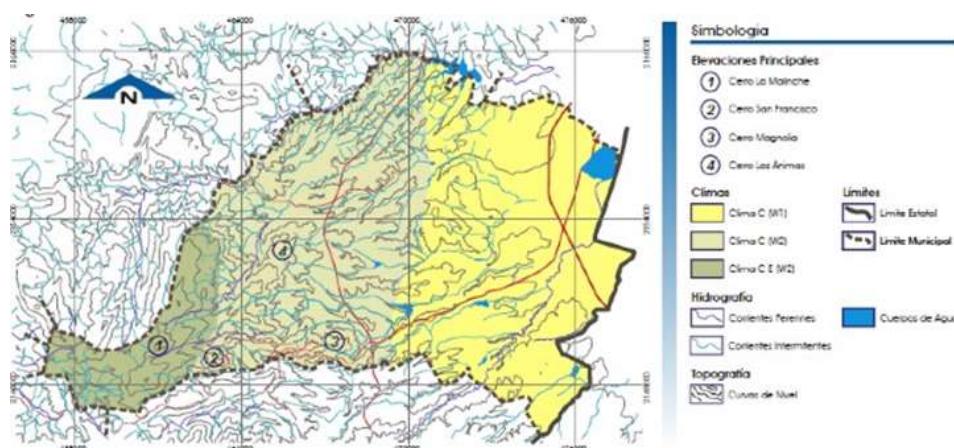


Figura 2. (H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez (2016), *Tipos y subtipos de climas* (mapa) Recuperado de <https://naucalpan.gob.mx/plan-de-desarrollo-municipal-naucalpan-de-juarez-2016-2018/>).

Con respecto a la hidrografía pertenece a la región hidrológica no. 26 del Pánuco, la cuenca del Río Moctezuma cuenta con seis ríos, los principales, el río San Lorenzo Totolinga, el río Los Remedios y el Río Hondo. Además; con siete vasos reguladores, San Lorenzo Totolinga, Las Julianas; San Miguel Tecamachalco, La Colorada, Los Arcos, El Sordo y Los Cuartos; con doce manantiales; tres acueductos siendo el principal el de los Remedios que datan de la época de la Colonia. El suministro de agua potable depende de 28 pozos profundos que existían en 1970, debido a que el resto es tomado del acueducto del río Lerma que alimenta al Sistema Naucalpan-Zumpango-Tlalnepantla, cuyo tanque almacenador se encuentra en la margen oriente de la autopista Naucalpan-Chimalpa. (INAFED (2018). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, hidrografía. Naucalpan de Juárez. México. inafed. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15057a.html>).

Hidrología y relieve.



Fuente: Dirección General de Desarrollo Urbano. H. Ayuntamiento Constitucional de Naucalpan de Juárez, México.

Figura 3. (H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez (2018), *Hidrología y relieve* (mapa) Recuperado de <https://naucalpan.gob.mx/plan-de-desarrollo-municipal-naucalpan-de-juarez-2016-2018/>).

1.1.4. Geología y Orografía.

Está ubicado en la provincia fisiográfica eje neovolcánico, y está compuesto por el 29% de sierras; 38% de lomeríos; y 33% está compuesto por llanuras. La geología del municipio está formada por piedra del período Terciario de la era Cenozoica y del período Cuaternario, esta última en menor proporción. En su mayoría la piedra que existe en el municipio son líneas extrusivas, volcanoclásicas y sedimentarias.

Los suelos del territorio municipal están formados de: feozem háplico, feozem háplico más vertisol, pélico, feozem y háplico más litosol. Las características geológicas de la región según, De Terra (1949) que realizó un mapa sobre la secuencia aluvial del Río Hondo en la que fue posible reconocer su presencia desde hace 4500 a 4000 años del Horizonte Totolzinco en el período meditermal. (INAFED (2018). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, características y uso de suelo. Naucalpan de Juárez. México. inafed. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15057a.html>).

De sus cadenas montañosas se destacan los cerros del Órgano y La Malinche con 3,650 msnm; le siguen: la Cantera, El Cedral, San Joselito, La Plantación y Peña del Rayo; La Palma, Cerro Gordo, El Cerrito, El Salto y San Miguel de las Pulgas; el Ojuelo, Chimalpa Viejo y Tronco Blanco; en el centro los cerros de los Remedios, Moctezuma, El Cabrito, los Guajolotes, Monte de la Ascensión, Las Piedras, Loma Panda, Cerro de la Escalera, El Cedazo, Nopala, Juan Guitarras y el Ocotillo. (INAFED (2018). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, orografía. Naucalpan de Juárez. México. inafed. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15057a.html>).

Geología del Municipio de Naucalpan de Juárez

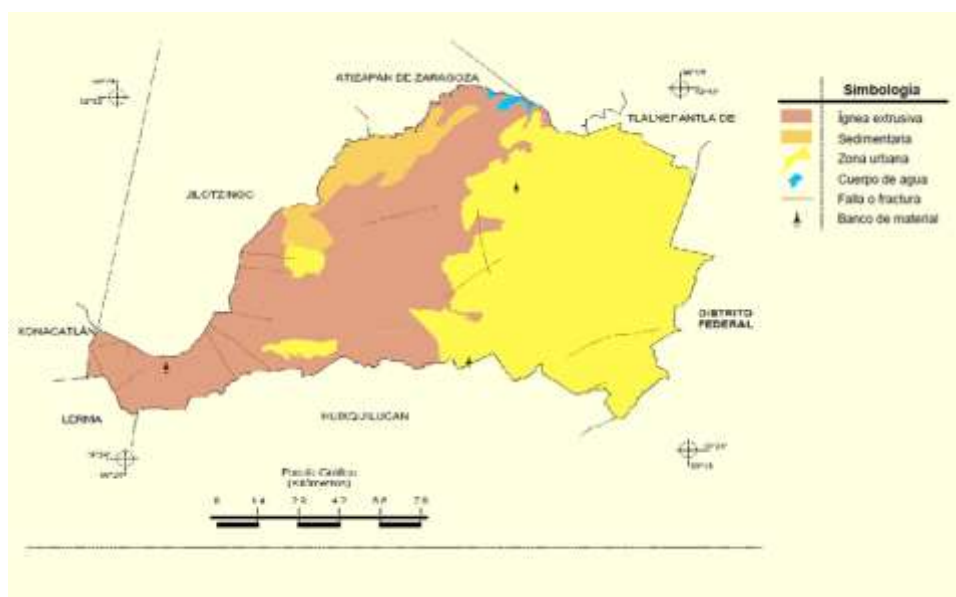


Figura 4. (H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez (2018), Geología del Municipio de Naucalpan de Juárez (mapa) Recuperado de <https://naucalpan.gob.mx/plan-de-desarrollo-municipal-naucalpan-de-juarez-2016-2018/>).

1.1.5. Biodiversidad y uso de suelo.

En cuanto a la flora está compuesta por bosques de coníferas al poniente siendo esta la de mayor altitud, también cuenta con bosques de encino en la parte media colindando al oriente con el área urbana y al poniente con los bosques de coníferas, encinos con una altura media, también en esta zona cuenta con pastizales y arbustos de huizache. En la zona urbana y pueblos existen árboles inducidos de diferentes especies como el pirul, garambullo, trueno, cedro, alcanfor, fresno, álamo, ciprés, ficus, y una gran cantidad de eucaliptos; también arbustos de abrojo, escobilla, higuerilla y jarilla; árboles frutales de: ciruelo, manzano, durazno, pera, perones, capulín y chabacanos; y, mucha variedad de plantas de ornato en parques y jardines; respecto a las especies agrícolas: maíz, frijol, haba y papa, con muy poca producción y principalmente para autoconsumo.

La fauna está representada por: cacomixtle que recientemente se ha ido adaptando a la zona urbana, las ardillas, tlacuaches, lagartijas, chapulines, roedores, víboras; algunas aves como colibrí, tórtola, carpintero, gorriones, cardenales, salta pared y dominicos. (INAFED (2018). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, principales ecosistemas. Naucalpan de Juárez. México. inafed. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15057a.html>).

Tabla 1

Superficies de uso de suelo en territorio municipal.

Superficies	México	%	Naucalpan de Juárez	%
Superficie Continental Total	22,356.80	100	156.63	100
Superficie de agricultura	10,352.21	46.3	17.71	11.3
Superficie de pastizal	3,284.29	14.7	38.77	24.8
Superficie de bosque	4,075.48	18.2	24.93	15.9
Superficie de selva	163.96	0.7	0.00	0.0
Superficie de matorral xerófilo	166.58	0.7	0.00	0.0
Superficie de otros tipos de vegetación	41.90	0.2	0.00	0.0
Superficie de vegetación secundaria	3,123.18	14.0	10.47	6.7
Superficie de áreas sin vegetación	102.11	0.5	0.00	0.0
Superficie de cuerpos de agua	176.32	0.8	1.56	1.0
Superficie de áreas urbanas	870.77	3.9	63.20	40.3

Fuente: (H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez (2018), Recuperado de <https://naucalpan.gob.mx/plan-de-desarrollo-municipal-naucalpan-de-juarez-2016-2018/>).

Nota: misma que fue elaborada por el INAP con base en estudios del Instituto Nacional de Estudios y Geografía (INEGI), Banco de Información Sociodemográfica y Económica: Uso de suelo y vegetación, 2005, Diagnósticos Municipales Programa de Apoyo a la Comunidad y al Medio Ambiente (PACMA). PEMEX-INAP 2014-2015

Con las sequías se tiene un efecto negativo para el ambiente natural, la economía, la salud, la agricultura y para la sociedad en general, ocasionando incendios forestales donde las superficies siniestradas en su mayoría afecta a los arbustos, matorrales y pastos. (H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez. (2016). Plan de Desarrollo Municipal Naucalpan de Juárez 2016 – 2018.

naucalpan. Recuperado de <https://naucalpan.gob.mx/plan-de-desarrollo-municipal-naucalpan-de-juarez-2016-2018/>).

También cuenta con tierras de labor muchas de ellas abandonadas y de poca producción. Sus hermosos bosques cada vez más deforestados, debido al cambio de uso del suelo para convertirlos en terrenos para vivienda y en menor proporción para leña o carbón.

De acuerdo con el Análisis que realice del Crecimiento Urbano y su Impacto en áreas naturales, Naucalpan tiene una extensión de 15,663 has., de las cuales 8,140.23 has. se encuentran urbanizadas y 7,600.77 has- son áreas rurales forestales. De estas últimas el 52% son consideradas áreas no urbanizables y el 16% son áreas naturales protegidas (Anexo 1).

Las áreas forestales y rurales se encuentran amenazadas por la creciente mancha urbana del Valle de México, de acuerdo con el Programa de Acción Climática del Municipio de Naucalpan de Juárez 2013-2023 (PACMUNA) esta problemática representa una fuente de emisión de CO₂, debido al cambio de uso de suelo obligado por asentamientos humanos irregulares. Este crecimiento desmedido y no planificado trae consigo la regularización forzosa de los terrenos sin infraestructura y la falta de servicios públicos, la escasa o nula recolección de los residuos sólidos urbanos, así como los trazos de calles con medidas y pendientes inadecuadas. (PACMUNA, 2015, p. 92).

La realidad que se observa en los crecimientos urbanos irregulares implica una fuerte problemática ambiental, debido a la demanda de agua (no necesariamente potabilizada) y por la contaminación que producen las descargas domiciliarias a nivel superficial y en los cuerpos de agua, lo que genera también deterioro en el aire, suelo y los ecosistemas. Así mismo, la generación de residuos sólidos urbanos cobra relevancia, puesto que son dispuestos en barrancas, cuerpos de

agua o predios baldíos, debido a que, en esos sitios irregulares la prestación del servicio de recolección no es realizada por el municipio, sino por prestadores de servicio irregulares cuyo manejo de los residuos es incierto. (PACMUNA, 2015, p. 93).

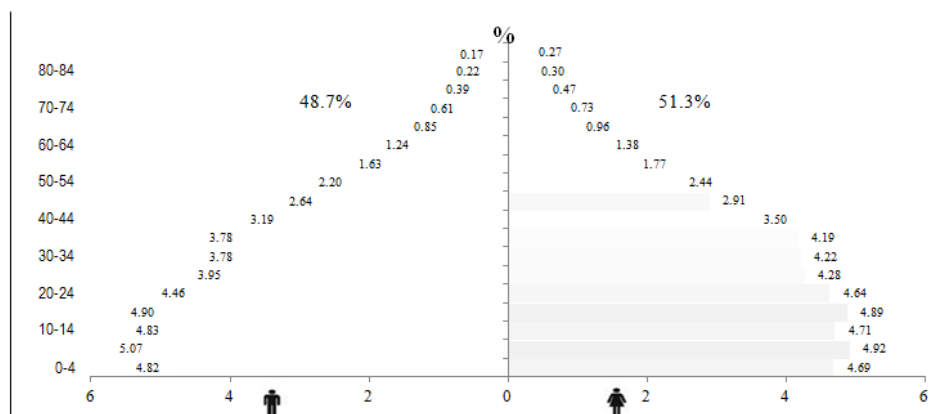
Así mismo, en Naucalpan existen más de 61 sitios que tienen presencia de cascajo o material de excavación producto de la construcción considerados de manejo especial, provenientes principalmente de la Ciudad de México y área metropolitana, lo cual, ha degradado de manera significativa los entornos rurales y deteriorando la calidad de vida de los habitantes de esas zonas.

1.2. Aspectos sociales del Municipio de Naucalpan de Juárez.

1.2.1. Demografía.

De acuerdo con la encuesta intercensal de 2015 del INEGI, en el municipio de Naucalpan de Juárez contaba con 844, 219 habitantes. Y según los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, eran 833,779 habitantes, con una proporción del 48.5 % de la población de hombres y 51.5% de mujeres, conservando estas proporciones en la base de la pirámide poblacional con respecto al Estado de México. Observándose un incremento en la población de 9.16%, de los cuales 407,294 son hombres y 436,925 mujeres. (INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. *inegi*. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>).

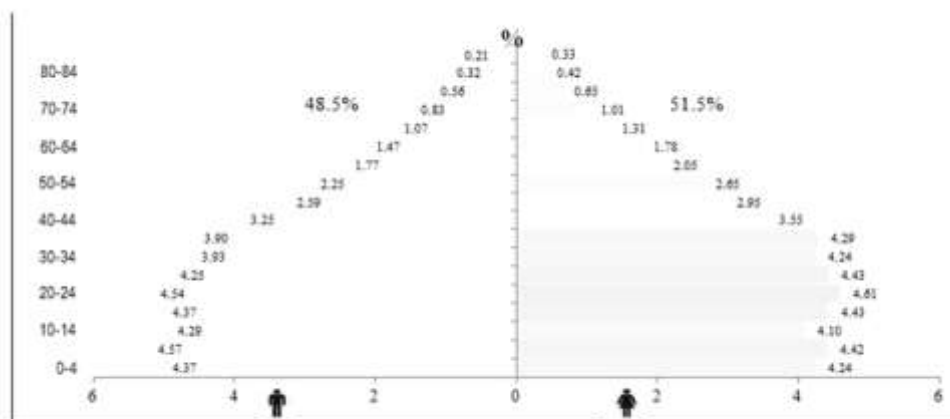
Pirámide de Edad del Estado de México, 2010



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos Censo de Población y Vivienda 2010. INEGI.

Figura 5. (INEGI (2010), *Pirámide de edad del Estado de México, 2010* (gráfica) Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal>).

Pirámide de Edad de Naucalpan de Juárez, 2010



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos Censo de Población y Vivienda 2010. INEGI.

Figura 6. (INEGI (2010), *Pirámide de edad de Naucalpan de Juárez, 2010* (gráfica) Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal>).

Tabla 2

Censo de poblacional por edad y sexo en Naucalpan de Juárez, 2015.

Grupos quinquenales de edad	Población total	%	Hombres	%	Mujeres	%
00-04 años	60,949	7.22%	31,183	7.66%	29,766	6.81%
05-09 años	66,857	7.92%	34,476	8.46%	32,381	7.41%
10-14 años	67,223	7.96%	33,463	8.22%	33,760	7.73%
15-19 años	65,013	7.70%	32,962	8.09%	32,051	7.34%
20-24 años	75,170	8.90%	37,554	9.22%	37,616	8.61%
25-29 años	68,084	8.06%	32,867	8.07%	35,217	8.06%
30-34 años	66,517	7.88%	31,525	7.74%	34,992	8.01%
35-39 años	63,941	7.57%	30,230	7.42%	33,711	7.72%
40-44 años	64,376	7.63%	30,675	7.53%	33,701	7.71%
45-49 años	53,776	6.37%	25,120	6.17%	28,656	6.56%
50-54 años	47,368	5.61%	22,523	5.53%	24,845	5.69%
55-59 años	36,613	4.34%	16,544	4.06%	20,069	4.59%
60-64 años	33,393	3.96%	14,541	3.57%	18,852	4.31%
65-69 años	25,828	3.06%	11,646	2.86%	14,182	3.25%
70-74 años	20,437	2.42%	9,546	2.34%	10,891	2.49%
75 años y más	28,218	3.34%	12,241	3.01%	15,977	3.66%
No especificado	456	0.05%	198	0.05%	258	0.06%
Total	844,219		407,294	48.25%	436,925	51.75%

Fuente: (INEGI (2015) Censo de Población y Vivienda 2015, recuperado de

<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal>.

Nota: De acuerdo con la tabla anterior, el grupo de edad entre 20 a 24 años es el más representativo, así como el grupo de edad entre los 5 a 9 años.

1.2.2. Población Económicamente Activa (PEA).

En el Plan de Desarrollo Municipal 2016-2018 de Naucalpan de Juárez, se establece que la población económicamente activa en 2015 equivale al 50.44% de la población total del municipio. De este porcentaje está dividido, el 70.22% de la población trabaja en el sector terciario (servicios y comercio), 23.74% al secundario (industria), el 0.35% al primario (agropecuaria, silvicultura y pesca) y el 1.06% labora en actividades no especificadas.

Relacionado con los datos anteriores, la población desocupada equivale al 4.63% del total de la población económicamente activa en 2015, la cual ha disminuido con respecto a periodos anteriores como lo fue el 2010, que tuvo la tasa más alta de desempleo con un 6.12% en ese periodo.

Así mismo, se reporta que el municipio aporta el 14.54% del producto interno bruto del Estado de México, destacando el sector de servicios como la principal actividad que aporta ingresos económicos. Ya que existen diversos comercios desde pequeños hasta grandes centros comerciales que proporcionan sus servicios a la población de la zona metropolitana del valle de México y periferia, contribuyendo con un 75.28% del producto interno bruto del municipio, por lo que representa gran importancia económica.

Con respecto al sector secundario, la industria instalada en el municipio ha perdido dinamismo, debido a la ubicación que se tiene en la creciente zona metropolitana del Valle de México, provocando la emigración de estas hacia otras zonas donde les proporcionan mejores estímulos fiscales, accesos viales y seguridad.

Finalmente, el sector primario tiene un rezago por el poco interés de los habitantes en las actividades del campo prefieren los empleos que ofrece la zona urbana, también a la escasa

implementación de tecnologías que promuevan su desarrollo en el campo, debido a que se continúan utilizando prácticas tradicionales como el riego de temporal y por lo tanto, se obtienen cosechas de temporal. Tal situación, ha traído consigo que en 2011, el valor de la producción por hectárea cosechada fuera menor que el promedio estatal, así también, las actividades agropecuarias y forestales del municipio no tienen relevancia económica por el desuso de las tierras, lo que ha impactado de manera significativa en el cambio de uso de suelo a urbano de manera irregular.

Como conclusiones del capítulo, datos importantes que debemos de considerar para este Plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos de Naucalpan de Juárez, tiene una historia que data desde la época prehispánica con los primeros asentamientos humanos en el valle de México y el desarrollo de los primeros pueblos dentro del territorio con un arraigo a sus usos y costumbres, con actividades que no consideraban el deterioro del entorno, como lo fue la explotación de la cantera, grava y arena. O la deforestación de los bosques de encino para proveer de carbón a la ciudad de México, Actividades que fueron cambiando la orografía del territorio en su parte media y considerando ser lomeríos, se convierte en una zona de difícil acceso para los vehículos que recolectan los residuos, y donde se encuentran las zonas habitacionales principalmente. Otro dato importante es la población y su crecimiento para poder proyectar los volúmenes de residuos que se generan y se tendrán que gestionar, así como las unidades económicas que se realizan, de ahí depende el tipo de residuos que se generan.

Capítulo 2. Contexto.

2.1. Antecedentes de los residuos sólidos urbanos.

Desde la sociedad primitiva, los seres humanos y los animales han utilizado los recursos de la naturaleza para subsistir y tirando sus desechos en su entorno, en esos tiempos, el manejo de los residuos humanos, no era un problema significativo, ya que la población era pequeña y la cantidad de residuos los absorbía la naturaleza. Actualmente, la atención se pone en la recuperación y reciclado de los materiales, para el aprovechamiento energético y disminución de la extracción de materiales de la naturaleza; la reutilización de los materiales y uso como fertilizantes de los residuos sólidos, el campesino en tiempos pasados utilizó los residuos orgánicos como abono a sus tierras o comida para sus animales, se pueden ver rastros del reciclaje en prácticas agrícolas (Tchobanoglous, 1994, p. 3).

Los problemas del manejo de residuos se han presentado desde los tiempos en que los seres humanos comenzaron a organizarse en tribus, aldeas y comunidades, y la acumulación de residuos llegó a ser una consecuencia de las sociedades. Las costumbres de arrojar comida y otros residuos sólidos en las ciudades medievales a las calles sin pavimento, carreteras y terrenos vacíos, llevó a la reproducción de ratas, portadoras de pulgas y a su vez de plagas, como la bubónica, con resultados catastróficos causando muchas epidemias con altos índices de mortalidad, hasta la Muerte Negra, que mató a la mitad de los europeos del siglo XIV. No fue hasta el siglo XIX cuando las medidas de control de la salud, fueron públicas y llegaron a ser de una consideración vital para los gobiernos, quienes al darse cuenta que los residuos de comida tenían que ser recogidos y retirados de la ciudades para controlar a los roedores y a las moscas, y por lo tanto las enfermedades.

Encontrando una relación entre la salud y el almacenamiento, recolección y confinamiento inapropiados de residuos sólidos. Las autoridades de la salud pública han demostrado que las ratas, las moscas, y otros transmisores de enfermedades se reproducen en tiraderos a cielo abierto, en viviendas sin un apropiado manejo de los residuos, almacenes de comida, y en muchos otros lugares insalubres. El servicio de salud pública USA (USPHS) ha publicado los resultados de un estudio, relacionando 22 enfermedades humanas con la gestión incorrecta de residuos sólidos.

La contaminación del aire y del agua, es responsabilidad también en algunos casos a la gestión inapropiada de los residuos sólidos. Por ejemplo, el líquido (lixiviados) de basureros y rellenos sanitarios mal diseñados, desde el ámbito de la ingeniería, ha contaminado las aguas superficiales y subterráneas. En zonas de minería, el líquido lixiviado de los rellenos sanitarios puede contener elementos tóxicos como cobre, arsénico y uranio, o puede contaminar los suministros de aguas con sales de calcio y magnesio, no deseadas. Aunque la naturaleza tiene la capacidad de diluir, extender, degradar, absorber o, de otra forma, reducir el impacto de los residuos no deseados en la atmósfera, en cuerpos de agua y en la tierra, han existido desequilibrios ecológicos, allí donde se ha excedido la capacidad de asimilación de la naturaleza (Tchobanoglous, 1994, p.5).

El desarrollo de la Revolución Industrial y de una sociedad tecnológica generó un incremento de los residuos sólidos. En la última parte del siglo XIX, las condiciones eran tan malas en Inglaterra que se aprobó un acta de sanidad urbana en 1888, prohibiendo tirar residuos sólidos en diques, ríos y aguas, en los Estados Unidos se intentó regular el relleno con escombros en aguas navegables y en los terrenos junto a estos.

Para entender la naturaleza de los problemas generados, será necesario examinar el flujo de materiales y la generación de residuos asociados, en una sociedad tecnológica, y considerar el impacto directo de los adelantos tecnológicos en el diseño de las instalaciones de residuos sólidos.

Muestra clara de una de las mejores maneras de reducir la cantidad de residuos sólidos que tienen que ser confinados, es limitar el consumo de materias primas e incrementar la tasa de recuperación y reutilización de materiales residuales. Aunque el concepto es sencillo, la realización de este cambio en una sociedad tecnológica moderna ha resultado ser extremadamente compleja. Por lo tanto, la sociedad ha iniciado una mejora en la gestión de los residuos, y ha buscado nuevas opciones de aprovechamiento de los residuos sólidos. A diferencia de los residuos tirados a los cuerpos de agua o a la atmósfera que aparentemente se dispersan en estos elementos pero continúan contaminando el ambiente, los residuos sólidos no se dispersan, donde se tiran es donde se encontrarán en el futuro, con los problemas que esto genera la mala disposición (Tchobanoglous, 1994, p. 6).

Uno de los problemas que trajo los adelantos tecnológicos, son las envolturas de productos, creando una serie de materiales y aumento de cantidades de residuos, lo que ha obligado al cambio de diseño de las instalaciones donde se manejan los residuos sólidos. De especial importancia son el incremento del uso de plásticos, cartón y el consumo de comidas congeladas o enlatadas, también incrementando residuos, en las plantas agrícolas de procesamiento y en la industria. El uso de comidas envasadas, por ejemplo, casi no origina residuos en los domicilios a excepto por los materiales de los envases. Entonces los ingenieros responsables del diseño de las instalaciones deben estar informados de los materiales del mercado que pueden ser usados en sus productos, como en sus empaques, así como los cambios que van sufriendo al paso del tiempo, para que puedan ser incorporadas a los diseños de las instalaciones. Idealmente, una instalación debería ser funcional y eficaz a través de toda su vida útil, que debería coincidir con el vencimiento de las inversiones realizadas. Pero surgen importantes preguntas: ¿cuáles son los elementos de la sociedad que generan las mayores cantidades de residuos sólidos, y cuál es la naturaleza de estos

residuos?, ¿cómo se pueden minimizar estas cantidades?, ¿cuál es el papel de la recuperación de recursos?, ¿la tecnología de evacuación y recuperación puede mantenerse al ritmo de la tecnología de productos de consumo? (Tchobanoglous, 1994, p. 7)

Lo ideal sería que se tuviera una sola nomenclatura y registro de las cantidades producidas en todas las ciudades, entonces los datos y la información obtenidos sería un adelanto en la disposición de los residuos. Tal uniformidad no supondría ningún gasto para las ciudades, y podría esta información ayudar para una mejor toma de decisiones, para el beneficio de prestar un servicio más eficiente. Esta declaración de objetivos fue escrita en 1906 por H. de B. Parsons en la disposición de basuras municipales, que puede haber sido el primer libro que trataba únicamente del tema de los residuos sólidos, desde un punto de vista rigurosamente de la ingeniería. Es importante mencionar que muchos de los principios básicos y de los métodos de lo que hoy conocemos en el campo de la gestión de residuos sólidos, eran conocidos desde entonces. Por ejemplo, aunque el camión motorizado ha sustituido al carro de tiro, los métodos básicos de la recolección de residuos sólidos siguen siendo los mismos; se sigue empleando mucha mano de obra.

Vehículos para la recolección de residuos sólidos urbano

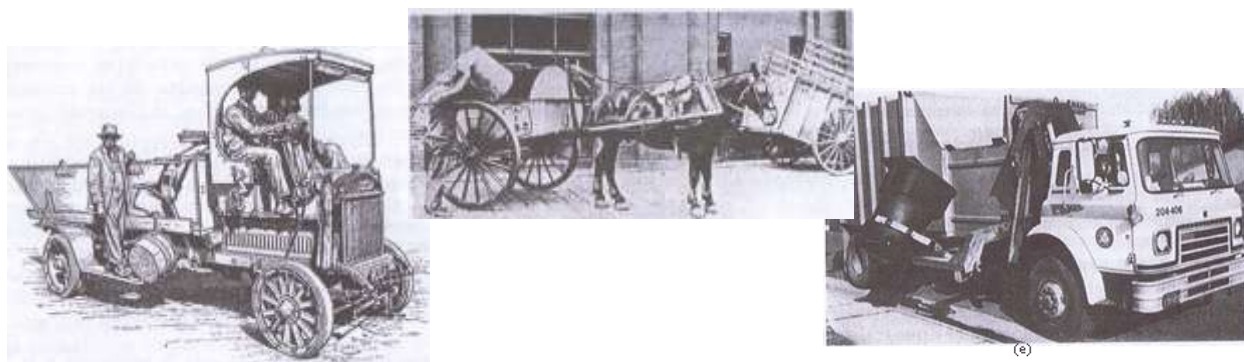


Figura 7. (Tchobanoglous, 1994, p. 9), *Vehículos antiguos para la recolección de residuos sólidos urbano* (imágenes Gestión integral de residuos sólidos).

Los métodos más frecuentemente utilizados para la disposición final de residuos sólidos a principios de siglo era el depositarlos en la tierra, vaciado en el agua, enterrar arando el suelo, alimentación para los cerdos, reducción e incineración. No todos estos métodos fueron aplicables a todos los tipos de residuos. Se enterraban en el suelo los residuos de comida y los residuos de las calles, mientras tanto para la alimentación para los cerdos, se utilizaban los residuos de comida. La gestión tecnificada de los residuos sólidos, poniendo atención en la disposición final controlada, empezó en el Reino Unido a principios de los años treinta y en los Estados Unidos una década después. En la ciudad de Nueva York, bajo el liderazgo de su alcalde, en las ciudades de La Guardia y Fresno en California, con su director de obras públicas preocupado por los temas de salud, Jean Vincenz, fueron las ciudades pioneras en el método del relleno sanitario para grandes ciudades. Durante la Segunda Guerra Mundial, el cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos de Norteamérica, bajo la dirección de Jean Vincenz, quien entonces encabezaba la división de reparación y utilidades en Washington DC, modernizó sus programas de disposición de residuos sólidos para que sirvieran como rellenos modelo para comunidades de todos los tamaños. El Departamento del Ejército, a través del coronel W.A. Harden-bergh, del grupo de ingenieros del cuerpo sanitario, tomó un papel activo en el control de los rellenos sanitarios y en la prevención de enfermedades ayudando el programa de rellenos sanitarios controlados (Tchobanoglous, 1994, p. 8).

Sin embargo, los municipios no seguían estos programas puntualmente. El Departamento de Servicios de Salud de California, al mismo tiempo que otros departamentos progresistas de salud estatal, estableció normativas estándar para los rellenos sanitarios municipales, y llevaron a cabo campañas agresivas para la eliminación de los tiraderos convencionales. Todavía en 1965, después de una revisión completa de las prácticas de la gestión de residuos sólidos en los Estados Unidos,

el Congreso concluyó que los métodos eran ineficaces e incorrectos de disponer los residuos sólidos, terminan en paisajes repulsivos, también resultan peligrosos para la salud pública, incluyendo la contaminación del aire y de los recursos de agua, peligros de accidentes, y el incremento de roedores e insectos, los vectores sanitarios, tienen un efecto negativo en los valores de los terrenos, crean molestias y de otras formas de interferir en la vida y desarrollo de las comunidades; el fracaso o incapacidad para salvar y reciclar materiales económicamente, da lugar al desperdicio innecesario y al agotamiento de los recursos naturales. El Congreso también encontró que la tendencia a la concentración de la población en zonas metropolitanas y urbanas había presentado a estas comunidades graves problemas financieros y administrativos en la recolección, transporte y la disposición de residuos sólidos (Tchobanoglous, 1994, p. 10).

El marco histórico, y sus repercusiones en la sociedad y el medio ambiente, del manejo de los residuos sólidos urbanos en México. Aunque la basura ha aumentado en México en la presente década, muy poca sistematización se ha hecho sobre la participación social y la instalación y operación de centros de acopio comunitarios. Se comienza a compartir los resultados de algunas experiencias iniciales, tanto a nivel de un grupo o asociación civil como a nivel municipal; y aun a la fecha, son pocos los proyectos de instalación de centros de acopio que han surgido por iniciativa ciudadana.

Los problemas generados por el incremento continuo de los residuos sólidos no peligrosos, comúnmente conocidos como basura, son quizá de los más conocidos en México. Desde el Plan Nacional de Desarrollo (1995-2000) y en diversos niveles gubernamentales, se reconoce el rezago existente de nuestras ciudades para tratar los residuos urbanos que se depositan inadecuadamente al ambiente; asimismo, de los problemas de la movilidad entre la población. También reconocen

el incremento constante de los costos de operación para el manejo de los residuos sólidos y, por tanto, la insuficiencia de los presupuestos, principalmente a nivel municipal (Trejo, 2002, p. 7).

Las altas cifras de generación de residuos sólidos que se dan en todos los núcleos urbanos del mundo, ponen cada vez más de manifiesto la necesidad de contar con tecnología apropiada para la disposición final de estos materiales en forma segura, eficiente, consistente, y económica.

Esta situación es particularmente urgente al finalizar el siglo XX, en los grandes asentamientos humanos del planeta. A la cabeza se encuentra el área metropolitana de la ciudad de México, con una generación estimada de 17,000 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos.

El tradicional método de relleno sanitario, considerando internacionalmente como la opción antigua, aunque aún las más utilizada para la disposición final de los desechos sólidos. Es la forma masiva de disposición usada en México. Es indudable que en un futuro el relleno sanitario dejará de ser el único método de disposición final de los grandes asentamientos urbanos. Algunas razones para ello son la escasez de sitios apropiados, las crecientes cantidades a procesar, la incertidumbre de sus efectos con el tiempo y el surgimiento de nuevas técnicas capaces de abatir costos a gran escala. Esta situación es particularmente preocupante en países que, como México, no cuentan con una infraestructura que les permita desarrollar al ritmo de sus necesidades, la tecnología necesaria para el tratamiento de sus desechos.

Por todo lo anterior, y como la necesidad de atender este problema es a la larga impostergable, capaz de satisfacer las necesidades de tratamiento descritas. Para que nos surja la necesidad de importar tecnología para el tratamiento de residuos sólidos urbanos (Trejo, 2002, p. 8).

2.2. Antecedentes en Naucalpan de Juárez de los residuos sólidos urbanos.

El Municipio de Naucalpan cuenta con un marco normativo que protege el medio ambiente, sin embargo este no es respetado por la ciudadanía y las autoridades no garantizan su cumplimiento con instrumentos como son los programas de gestión de los residuos sólidos urbanos, ni tampoco implementan acciones para que la ciudadanía participe, provocando que los residuos sólidos urbanos no se entreguen desde el origen de manera separada al sistema de recolección; ocasionando que se desperdicien residuos susceptibles de ser reciclados. Así mismo, se ha detectado que los empleados del ayuntamiento realizan malas prácticas en la transportación de los residuos, propiciando la prepena y la venta clandestina de los materiales reciclables, lo cual es tolerado por las autoridades municipales.

Debido a la poca eficiencia y eficacia del sistema de recolección, el ayuntamiento ha permitido de manera tolerada que se realice la recolección en vehículos particulares irregulares que no cumplen los estándares requeridos, lo que ha ocasionado que este servicio tenga un costo elevado para la ciudadanía; presentando también problemáticas ambientales como la disposición inadecuada de una gran cantidad de residuos sólidos urbanos en barrancas, cuerpos de agua, o en lugares que contaminan el medio ambiente, inclusive tapando el drenaje; por otro lado las rutas de recolección no han sido eficaces, debido a que no cubren todo el territorio municipal.

Pero en los periodos de las administraciones 2009-2012 y 2013-2015 se tuvieron problemas con cierres temporales, y en esta última con un cierre definitivo desde el año 2015 y disponiendo en una supuesta zona de transferencia sin cumplir con las normas oficiales provocando altos niveles de contaminación y debido a la presión mediática empezó a disponer en el relleno a cielo abierto que ya había sido clausurado y saneado, creando una disposición fuera de norma, con gran nivel de contaminación y riesgo. A partir de enero del 2016, se empezó a llevar los residuos sólidos

urbanos a rellenos sanitarios en otros municipios, recorriendo grandes distancias con los camiones recolectores, con su consecuente elevación del costo en la transportación y la disminución de las frecuencias de recolección. Fue hasta mayo del mismo año que se contrató a una empresa para la creación de una estación de transferencia dentro del territorio municipal logrando regular la frecuencia de la recolección, no así el costo para el ayuntamiento, todo ello ocasionado por el litigio que se lleva con la empresa concesionaria por los adeudos de las administraciones anteriores. Recientemente se acordaron el traspaso de la concesión a otra empresa, misma que puso en marcha nuevamente el relleno sanitario donde actualmente se disponen los residuos sólidos urbanos del Municipio, con algunos problemas de funcionamiento.

Es necesario considerar, los problemas que provoca un inadecuado manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial como es la degradación del medio ambiente, que trae como consecuencia los relacionados a la salud pública, por las enfermedades que provocan estas deficiencias en la gestión de residuos, así como el peligro que puede ocasionar pérdidas humanas o económicas debido a la inadecuada disposición de los residuos de manejo especial en zonas de alto riesgo. De igual manera, esto ha ocasionado una economía irregular con la compra-venta de los materiales comercializables, que se presenta alrededor de este sistema, lo que trae como consecuencia que un núcleo de la población viva en condiciones de pobreza extrema.

La generación de los residuos sólidos urbanos está ligada al aumento de población y al crecimiento de la ciudad, sus formas de consumo, el manejo en el origen de los residuos, a la forma de recolección, tipo de transporte, valorización, aprovechamiento, reciclado, y finalmente a su disposición final de los mismos. Históricamente, la gestión de los residuos sólidos en el país se ha desarrollado desde la perspectiva del saneamiento básico. En tal sentido, solo tenía en cuenta el tema de la recolección de residuos, no importaba su tratamiento y disposición final; lo principal

era evitar problemas de salud pública en las ciudades. El desinterés por la disposición final tuvo como consecuencia que los residuos urbanos fueran depositados al aire libre o a cuerpos de agua, sin considerar las externalidades de tipo ambiental, lo que propició “una cultura hacia la disposición incontrolada”. Existiendo personas que por sus condiciones económicas, vieron una manera de tener recursos para comer, en sacar de la basura productos que podrían vender, de ahí empieza toda una actividad económica, basado en la comercialización de los materiales reciclables. En el municipio de Naucalpan de Juárez se realiza esta separación desde los camiones recolectores llamada *prepena*. Las condiciones de las personas que realizan esta actividad, son insalubres y de alto riesgo, se continua con la pepena en el sitio de disposición final y alrededor de éste y de la ciudad misma, generando una economía informal, donde se comercializan los materiales susceptibles de ser vendidos y con gran contaminación ambiental, por el manejo inadecuado de los materiales, sin cumplir con las normas establecidas.

2.3. La gestión de los residuos sólidos urbanos.

La implementación de una estrategia para la gestión de los residuos sólidos urbanos, requiere de varios factores a considerar en la planificación e ingeniería, como son los factores sociales, políticos, económicos, ambientales y técnicos. La combinación de estos conforma una serie de cuestionamientos que deben ser considerados para la toma de decisiones dentro de una política pública, para garantizar la eficiencia y la eficacia en la puesta en operación de las estrategias.

Para determinar en la planeación, cuales son las alternativas y tecnologías apropiadas para lograr el esquema que dé los mejores resultados, se tendrían que hacer estas preguntas: ¿cuál es el conocimiento ciudadano sobre los residuos para la reducción, reutilización y el reciclaje; la cantidad de residuos para el compostaje; y la cantidad de residuos para su separación en reciclados y residuos para la recolección diferenciada para la disposición final?; ¿qué tecnología debería

usarse para la recolección de residuos separados desde su origen, para separar los componentes de los residuos en las instalaciones de recuperación de residuos comercializables, para la biodigestión o el compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, el aprovechamiento del poder calorífico de los residuos ya sean urbanos o de manejo especial, y para el biogás que producen los residuos compactados en un relleno sanitario?; ¿si hay aprovechamiento con la generación de energías renovables o caloríficas con las tecnologías seleccionadas?, ¿cuál es el ritmo correcto para la aplicación de las distintas tecnologías en un sistema de la gestión de los residuos sólidos urbanos, y cómo se deben tomar las decisiones?; ¿cuántos grupos de interés puede estar involucrados y como se establecerá su participación?

Así también considerar una amplia gama de protagonistas en el proceso de toma de decisiones para la implantación de la estrategia de gestión de residuos sólidos urbanos, la selección de la combinación apropiada de alternativas y tecnologías para la gestión eficaz de residuos se ha convertido en una tarea difícil. El desarrollo de la estrategia eficaz dependerá de la disponibilidad de datos fiables sobre las características del flujo de residuos, de las especificaciones del rendimiento para las alternativas tecnológicas, y de la información adecuada de los costos.

Además contemplar la posibilidad que se presenten ajustes durante el desarrollo del proyecto. La habilidad para adaptar las prácticas de la gestión de residuos a condiciones variables es de una importancia crítica para el desarrollo de las estrategias. Así como un proceso de mejora continua, evaluando si los objetivos y las metas se están cumpliendo, solamente mediante esta metodología, se pueden hacer cambios oportunos, o en caso que se presente eventos inesperados de las condiciones proyectadas, de la misma manera realizar las acciones para corregir.

Se tendrán que considerar las variables asociadas a la gestión de residuos sólidos en la sociedad actual por: la cantidad, la variedad de la composición de los residuos, la diferencia de componentes

residuales por zonas urbanas, por las limitaciones de recursos públicos para los servicios públicos, por la aparición de residuos de los nuevos aparatos tecnológicos. En consecuencia, si la gestión de residuos sólidos hay que realizarla de una forma eficaz y ordenada, las relaciones y los aspectos fundamentales implicados deben ser identificados y ajustados para la uniformidad de los datos, y comprendidos claramente.

Para la realización de las estrategias para la gestión de los residuos sólidos urbanos, consideraremos un orden en el proceso que siguen los residuos, desde el punto de generación hasta la disposición final, han sido agrupados en siete procesos funcionales:

- Generación de residuos.
- Separación y disposición de residuos en origen.
- Recolección diferenciada.
- Almacenamiento, procesamiento separación y comercialización para su reciclaje.
- Transferencia y transporte.
- Aprovechamiento y disposición final.
- Generación de energía limpia.

Cuando todos los procesos funcionales han sido evaluados para su uso, y todos los contactos y conexiones entre procesos han sido agrupados para una mayor eficacia y rentabilidad, entonces la comunidad habrá desarrollado una estrategia para la gestión de los residuos sólidos urbanos. La que puede ser definida como la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión idóneos para lograr metas y objetivos específicos de gestión de residuos urbanos.

Es importante el establecer cuatro acciones en la gestión de los residuos, que son:

El reciclaje, que implica: la separación y la recolección de materiales residuales; la preparación de estos materiales para su reutilización, el reprocesamiento, y transformación en nuevos

productos. El reciclaje es un factor importante para ayudar a reducir la demanda de recursos naturales y la cantidad de residuos que requieran ser depositados en rellenos sanitarios.

Reducción en origen, implica reducir la cantidad y/o toxicidad de los residuos que son generados en la actualidad. La reducción en origen está en el primer lugar porque es la forma más eficaz y eficiente de reducir la cantidad de residuo, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales. La reducción de residuos puede realizarse a través del diseño, la fabricación y el envasado de productos con un material tóxico mínimo, un volumen mínimo de material, o una vida útil más larga. La reducción de residuos también puede realizarse en la vivienda y en la instalación comercial o industrial, a través de formas de compra selectivas y de la reutilización de productos y materiales.

La transformación de residuos; ésta implica la alteración física, química o biológica de los residuos, las transformaciones físicas, químicas y biológicas que pueden ser aplicadas. Para recuperar materiales reutilizables y reciclables, y para recuperar productos de conversión (por ejemplo, composta), y energía en forma de calor, y biogás combustible. La transformación de materiales de los residuos normalmente da lugar a una mayor duración de la capacidad de los rellenos sanitarios. La reducción del volumen de residuos mediante la combustión es un ejemplo bien conocido.

La disposición, hay que hacer algo con los residuos sólidos que no pueden ser reciclados y no tienen ningún uso adicional, y la materia residual restante después de la recuperación de productos de conversión o energía. Sólo hay una alternativa disponible para la manipulación a largo plazo de residuos sólidos y materia residual: disposición encima de la tierra. Porque representa la forma menos deseada por la sociedad de tratar los residuos (Tchobanoglous, 1994, pp. 16-19).

Como conclusiones del capítulo, de este destaca la evolución y la importancia de una buena gestión de los residuos sólidos urbanos, que en su mayoría se han dado para resolver problemas de salud o daño ambiental, y resiente a un aprovechamiento de los mismos. Sobre todo en los países desarrollados, en México y en general en América Latina existe un rezago importante en su manejo y más en el aprovechamiento, es por ello que se plantea en este Plan, un cambio en la gestión que nos ponga a la par de estos países.

Capítulo 3. Marco jurídico en materia de residuos sólidos urbanos.

Aspectos Jurídicos Aplicables.

México cuenta con un marco jurídico general para la prevención y gestión integral de residuos, sustentado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El marco legal incluye entre otros instrumentos jurídicos: la Ley General para el Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, los reglamentos correspondientes, así como las Normas Oficiales Mexicanas y demás ordenamientos de ámbito local.

Marco Legal de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos.



Figura 8. (Rodríguez, 2016), *Marco Legal de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos* (esquema) Elaboración propia.

3.1. Normatividad Federal Mexicana.

En la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos queda establecido a que nivel del gobierno le corresponden las funciones del manejo de los residuos sólidos urbanos, tal y como se describe en el artículo 115 fracción III, *“que los municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos entre otros el de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos”*.

Respecto a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente. En esta, se establece el inicio los derechos básicos que tenemos los mexicanos, de tener un medio ambiente sano y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar.

También queda establecido en el artículo tercero las definiciones jurídicas de conceptos como contaminación, residuos, entre otras, en su sección VI el soporte jurídico de las normas oficiales mexicanas en el ámbito ambiental; y en los Títulos cuarto y quinto, lo concerniente en materia ambiental, participación social y derecho a la información en la materia.

En la norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, se encuentran las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura, y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Establece la obligatoriedad de su cumplimiento y las definiciones de conceptos relacionados a los residuos, por lo que será una guía obligada que tenemos que tomar en cuenta en nuestras estrategias para los materiales que no sean aprovechables.

3.1.1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

La Constitución Mexicana establece en su Artículo 4º párrafo quinto que: *“Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar”*. De tal modo que esto es una garantía individual de todo mexicano, y el estado tiene la obligación de proveerla.

Así mismo, en el Artículo 73, fracción XXIX-G se establecen las atribuciones del Congreso de la Unión para *“expedir leyes que establezcan la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico”*.

Por otra parte, el Artículo 115, fracción III, inciso C establece que *“Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos: limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos”*.

En este sentido, el Municipio de Naucalpan de Juárez para el manejo de sus residuos sólidos urbanos se sustenta en una base constitucional reglamentada conforme a leyes generales expedidas por el Congreso de la Unión cuya finalidad es garantizar para todos los naucalpenses el derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.

3.1.2. Plan Nacional de Desarrollo.

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, promueve el desarrollo sustentable del país mediante metas, en las cuales destaca la meta VI. México Próspero, que incluye la línea de acción en materia de residuos que consiste en *“lograr un manejo integral de residuos sólidos, de manejo especial y peligrosos, que incluya el aprovechamiento de los materiales que resulten y minimice los riesgos a la población y al medio ambiente”*.

Por lo anterior, el Plan Nacional de Desarrollo dirige las acciones de los órganos gubernamentales a la implementación de estrategias mediante programas que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores mediante la conservación de sus recursos naturales y el medio ambiente.

3.1.3. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) fue la primera legislación ambiental que distribuyó competencias y estableció concurrencias entre los niveles de gobierno.

La LGEEPA es una ley, *“reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción”*.

Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases entre otros de *“garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar”*.

En materia de prevención y control de la contaminación del suelo, en el Artículo 16 Fracción III, se considera necesario *“prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales”* así como *“incorporar técnicas y procedimientos para reusó y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes”*.

En sus Artículos 5 al 8 se distribuyen competencias entre los tres niveles de gobierno. Particularmente el Artículo 7 y su Fracción VI, menciona que corresponden a los Estados, la facultad de regular *“los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo,*

tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos”.

El Artículo 8, Fracción IV, establece que son atribuciones de los Municipios la aplicación de *“las disposiciones jurídicas referentes a la prevención y control de los efectos sobre el ambiente originados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos”.*

Finalmente, el Artículo 10 menciona que los Congresos estatales, con apego a sus respectivas constituciones deberán expedir las disposiciones legales que son necesarias para regular las materias de su competencia y los ayuntamientos, por su parte, dictarán los bandos de policía y buen gobierno, los reglamentos, circulares y disposiciones administrativas que correspondan.

3.1.4. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, (LGPGIR) publicada en el Diario oficial de la federación (DOF) el 8 de octubre del 2003, tiene por objeto regular la generación y manejo integral de residuos peligrosos, establecer bases para el manejo de residuos urbanos y de manejo especial, así como las bases para aplicar principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos sólidos en el país. Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional.

La LGPGIR pretende aplicar los principios de desarrollo, bienestar, sustentabilidad, prevención sanitaria, remediación, desarrollo tecnológico y manejo adecuado, en su Artículo 2 en sus fracciones del I al XII establece los principios sobre la prevención y minimización de la generación

de los residuos, así como de su liberación al ambiente, su transferencia de un medio a otro, y su debido manejo integral para evitar riesgos a la salud y daños a los ecosistemas.

El Artículo 6, establece que La Federación, las entidades federativas y los municipios, ejercerán sus atribuciones en materia de prevención de la generación, aprovechamiento, gestión integral de los residuos, de prevención de la contaminación de sitios y su remediación, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales.

El Artículo 7, Fracción XII, otorga facultades a la federación para promover, en coordinación con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, la creación de infraestructura para el manejo integral de los residuos con la participación de inversionistas y representantes de los sectores sociales.

Así mismo, la Fracción XXVIII, establece que la federación tiene la facultad para convocar a entidades federativas y municipios, según corresponda, para el desarrollo de estrategias conjuntas en materia de residuos que permitan la solución de problemas relacionados en la materia.

El Artículo 10 establece que *“los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final, conforme a las siguientes facultades:*

I. Formular, por sí o en coordinación con las entidades federativas, y con la participación de representantes de los distintos sectores sociales, los Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, los cuales deberán observar lo dispuesto en el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos correspondiente;

II. Emitir los reglamentos y demás disposiciones jurídico-administrativas de observancia general dentro de sus jurisdicciones respectivas, a fin de dar cumplimiento a lo establecido en la presente Ley y en las disposiciones legales que emitan las entidades federativas correspondientes;

III. Controlar los residuos sólidos urbanos;

IV. Prestar, por sí o a través de gestores, el servicio público de manejo integral de residuos sólidos urbanos, observando lo dispuesto por esta Ley y la legislación estatal en la materia;

V. Otorgar las autorizaciones y concesiones de una o más de las actividades que comprende la prestación de los servicios de manejo integral de los residuos sólidos urbanos;

VI. Establecer y mantener actualizado el registro de los grandes generadores de residuos sólidos urbanos;

VII. Verificar el cumplimiento de las disposiciones de esta Ley, normas oficiales mexicanas y demás ordenamientos jurídicos en materia de residuos sólidos urbanos e imponer las sanciones y medidas de seguridad que resulten aplicables;

VIII. Participar en el control de los residuos peligrosos generados o manejados por microgeneradores, así como imponer las sanciones que procedan, de acuerdo con la normatividad aplicable y lo que establezcan los convenios que se suscriban con los gobiernos de las entidades federativas respectivas, de conformidad con lo establecido en esta Ley;

IX. Participar y aplicar, en colaboración con la federación y el gobierno estatal, instrumentos económicos que incentiven el desarrollo, adopción y despliegue de tecnología y materiales que favorezca el manejo integral de residuos sólidos urbanos;

X. Coadyuvar en la prevención de la contaminación de sitios con materiales y residuos peligrosos y su remediación;

XI. Efectuar el cobro por el pago de los servicios de manejo integral de residuos sólidos urbanos y destinar los ingresos a la operación y el fortalecimiento de los mismos, y

XII. Las demás que se establezcan en esta Ley, las normas oficiales mexicanas y otros ordenamientos jurídicos que resulten aplicables.

El Título Cuarto, Capítulo I, relativo a los programas para la prevención y gestión integral de los residuos, establece en el Artículo 26 que las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, deberán elaborar e instrumentar los programas locales para la prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, dichos programas deberán contener al menos:

- I. El diagnóstico básico para la gestión integral de residuos de su competencia, en el que se precise la capacidad y efectividad de la infraestructura disponible para satisfacer la demanda de servicios;*
- II. La política local en materia de residuos sólidos urbanos y de manejo especial;*
- III. La definición de objetivos y metas locales para la prevención de la generación y el mejoramiento de la gestión de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como las estrategias y plazos para su cumplimiento;*
- IV. Los medios de financiamiento de las acciones consideradas en los programas;*
- V. Los mecanismos para fomentar la vinculación entre los programas municipales correspondientes, a fin de crear sinergias*
- VI. La asistencia técnica que en su caso brinde la Secretaría”.*

3.1.5. Ley General de Cambio Climático.

El Artículo 33 fracción XI, de la Ley General del Cambio Climático funda para la mitigación los objetivos de las políticas públicas, a letra dice: *“Los objetivos de las políticas públicas para la mitigación son: Promover el aprovechamiento del potencial energético contenido en los residuos”*.

Considerando el Artículo 34 fracción IV, el cual indica que los municipios y entidades federativas deben de promover la reducción de emisiones provenientes de residuos, que a letra dice *“Para reducir las emisiones, las dependencias y entidades de la administración pública federal, las Entidades Federativas y los Municipios, en el ámbito de su competencia, promoverán el diseño y la elaboración de políticas y acciones de mitigación asociadas a los sectores correspondientes, considerando las disposiciones siguientes:*

- a) Desarrollar acciones y promover el desarrollo y la instalación de infraestructura para minimizar y valorizar los residuos, así como para reducir y evitar las emisiones de metano provenientes de los residuos sólidos urbanos”*.

3.1.6. Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas.

Las Normas Oficiales Mexicanas, son las regulaciones técnicas “de observancia obligatoria” expedidas por las dependencias competentes, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación.

Por otra parte, las normas mexicanas, que no se consideran de observancia obligatoria, elaboradas por un organismo nacional de normalización, o la Secretaría de Economía, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices,

características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.

En materia de residuos México cuenta con un conjunto de Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas. Entre estas encontramos las siguientes:

- La Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, la cual fue publicada en DOF el 10 de octubre de 2004.
- Norma Mexicana NMX-AA-22-1985. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Selección y Cuantificación de Subproductos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.
- Norma Mexicana NMX-AA-19-1985. Protección al Ambiente -Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales - Peso Volumétrico "In Situ".
- Norma Mexicana NMX-AA-61-1985, Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo- Residuos Sólidos Municipales-Determinación de la Generación.
- Norma Mexicana NMX-AA-15-1985. Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales - Muestreo - Método de Cuarteo.

3.2. Normatividad en el Estado de México.

En la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México, en su título quinto, capítulo tercero donde se establecen las atribuciones de los ayuntamientos del Estado de México, y en su artículo 122 en específico determina que tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos que señala la fracción III del artículo 115 de la Constitución federal.

Al igual que ley federal, el Código para la Biodiversidad del Estado de México y sus reglamentos, desde el inicio establece el derecho de la persona que habita en el Estado de México a su derecho de tener un medio ambiente adecuado, para su desarrollo, salud y bienestar. También tiene las definiciones en materia del código, en su artículo 2.5., en la definición de residuos sólidos urbanos lo describe como los “Los generados en las casas habitación que resultan de la eliminación de los materiales que se utilizan en actividades domésticas, los productos que se consumen, envases, embalajes y empaques, además los que provienen de cualquier otra actividad dentro del establecimiento o en vía pública con características domiciliarias y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos siempre que no sean considerados por otros ordenamientos jurídicos como residuos de otra índole”. Y en su libro cuarto, señala la prevención y gestión integral de los residuos, así como las atribuciones de los municipios, entre otras funciones el manejo de los residuos sólidos urbanos.

También, es importante considerar en el planteamiento de la estrategia, el cumplimiento puntual de las normas estatales, como lo es la NTEA-010-SMA-RS-2008 que establece los requisitos y especificaciones para la instalación, operación y mantenimiento de infraestructura para el acopio, transferencia, separación y tratamiento de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para el Estado de México, y la NTEA-013-SMA-RS-2011 que establece las especificaciones para la

separación en la fuente de origen, almacenamiento separado y entrega separada al servicio de recolección de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para el Estado de México.

3.2.1. Código para la Biodiversidad del Estado de México.

El Código para la Biodiversidad del Estado de México, tiene como intención primordial agrupar sistemáticamente todas las disposiciones jurídicas en materia ambiental que se encuentran dispersas para dar unidad a los principios, instituciones y órganos en materia ambiental. Considerando los siguientes artículos:

El Artículo 1.1 fracción III, es de observancia general en el Estado de México, sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto y de manera específica en materia de residuos regular la Prevención y Gestión Integral de Residuos con la finalidad de *“impulsar y promover la conservación, la preservación, la rehabilitación, la remediación, el mejoramiento y el mantenimiento de los ecosistemas, la recuperación y restauración del equilibrio ecológico, la prevención del daño a la salud y deterioro a la biodiversidad y los elementos que la componen en su conjunto, la gestión y el fomento de la protección al medio ambiente y la planeación ambiental, el aprovechamiento y el uso sostenible de los elementos y recursos naturales y de los bienes ambientales, la internalización y la distribución en forma justa de los beneficios y costos derivados sustentados en proporcionar certidumbre a los mercados en el marco de las políticas establecidas para el desarrollo sostenible en el Estado”*.

Considerando el Artículo 1.2 el cual establece los objetivos generales del Código, que se enuncian a continuación:

I. Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar;

II. Promover y regular el uso y aprovechamiento sostenible, la conservación, la remediación, la rehabilitación y la restauración de elementos naturales, recursos naturales y de los bienes ambientales, asimismo alentar promoviendo a los componentes de la biodiversidad de forma que sea compatible la obtención de beneficios económicos con la recuperación y la preservación de los ecosistemas y sus hábitats;

III. Diseño, desarrollo e instrumentación de estímulos fiscales impulsando instrumentos económicos en favor del mejoramiento, conservación, preservación, mejoramiento, recuperación, remediación, restauración, uso, aprovechamiento y desarrollo sostenible de la biodiversidad en su conjunto;

IV. Fomentar la participación corresponsable de la sociedad en las acciones de preservación, remediación, rehabilitación y restauración del equilibrio ecológico y del medio ambiente y de todas las actividades en favor de la protección a la biodiversidad;

V. Regular y promover la educación y la cultura ambiental en todos los sectores de la sociedad del uso y aprovechamiento racional de la biodiversidad de sus elementos y recursos naturales y de la tecnología e investigación ambiental;

VI. Propiciar el desarrollo sostenible mediante el aprovechamiento y uso racional de los elementos naturales, de los recursos naturales y de los bienes ambientales;

VII. Protección, conservación, preservación, rehabilitación, restauración, recuperación y remediación de la biodiversidad y sus componentes; y

VIII. Promover la aplicación racional y el manejo de los pagos de servicios ambientales o ecosistémicos derivados de las actividades humanas sostenibles.

Del Libro Segundo del Equilibrio Ecológico, la Protección al Ambiente y el Fomento al Desarrollo Sostenible Título Quinto, capítulo V del Código para la Biodiversidad “*De la*

Protección y Control de la Contaminación del Suelo” en el Artículo 2.164 establece los criterios I y II para prevenir y controlar la contaminación del suelo considerando lo siguiente:

I. Corresponde al Estado, sus Municipios y a la sociedad prevenir y controlar la contaminación del suelo en el territorio de la Entidad;

II. Los residuos sólidos deben ser controlados desde su origen, reduciendo, previniendo y ubicando su generación no importando que sea de fuentes industriales, municipales o domésticas; por lo que se deben incorporar técnicas y métodos para su reusó, y reciclaje, así como para su manejo, tratamiento y disposición final.

Así mismo, del Libro Segundo y del título V antes mencionado el capítulo VI “De la Generación, Manejo, Transporte, Tratamiento, Reusó, Reciclaje y Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales, Domésticos e Industriales No Peligrosos”, en el Artículo 2.181. “*Para la localización, instalación y funcionamiento de sistemas de manejo, separación, tratamiento, transformación y disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial se tomarán en cuenta el Libro Cuarto del presente Código, la legislación estatal aplicable, las normas oficiales mexicanas, las normas técnicas estatales, los criterios, ordenamientos ecológicos, los planes estatales y municipales de desarrollo urbano*”.

Del Libro Cuarto “De la Prevención y Gestión Integral de Residuos”, Título Primero de las Disposiciones Generales, Capítulo II “De la Coordinación y Distribución de Competencias” el Artículo 4.7 declara que corresponde a las autoridades municipales el ejercicio de las facultades respecto al objeto del Libro Cuarto previstas en la Ley General, así como las siguientes:

I. Promover el establecimiento de programas de minimización y gestión integral de los residuos producidos por los grandes generadores de su Municipio;

II. Fomentar el desarrollo de mercados para el reciclaje de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que no estén expresamente atribuidos a la Federación o al Estado;

III. Concertar con los sectores corresponsables el establecimiento de planes de manejo para tipos de residuos sólidos urbanos y de manejo especial de su competencia susceptible de aprovechamiento de conformidad con las disposiciones de este Libro y en coordinación con la Secretaría;

IV. Elaborar inventarios de residuos sólidos urbanos y de manejo especial a través de los estudios de generación y caracterización de residuos y los muestreos aleatorios de cantidad y calidad de los residuos en las localidades en coordinación con la Secretaría y las autoridades ambientales del Gobierno Federal, así como con el apoyo de los diversos sectores sociales de su localidad para sustentar con base en ellos la formulación de los sistemas para su gestión integral;

V. Determinar los costos de las distintas etapas de la operación de los servicios de limpia y definir los mecanismos a través de los cuales se establecerá el sistema de cobro y tarifas correspondientes en función del volumen y características de los residuos recolectados, así como del tipo de generadores y hacer del conocimiento público la información sobre todos estos aspectos;

VI. Organizar e implantar los esquemas administrativos requeridos para recabar el pago por los servicios de recolección, transporte, tratamiento y eliminación o disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que no estén expresamente atribuidos a la Federación o al Estado y la aplicación de los recursos resultantes al fortalecimiento de los sistemas de limpia, así como hacerlos del conocimiento público;

VII. Definir los criterios generales de carácter obligatorio para la prestación del servicio de limpia y aseo público de su competencia con base en las normas oficiales mexicanas, normas

técnicas estatales y el Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México y aplicar los instrumentos de política previstos en el presente Libro;

VIII. Organizar y operar la prestación del servicio de limpia y aseo público de su competencia y supervisar la prestación del servicio concesionado;

IX. Realizar controles sobre las concesiones para garantizar la competencia, transparencia y evitar monopolios;

X. Llevar un registro y control de empresas y particulares concesionarios dedicados a la prestación del servicio de limpia de su competencia;

XI. Conservar y dar mantenimiento al equipamiento e infraestructura urbana de su competencia y de todos aquellos elementos que determinen el funcionamiento e imagen urbana relacionados con la prestación del servicio de limpia;

XII. Registrar y autorizar las obras y actividades relacionadas con la instalación, infraestructura y operación de sitios de disposición final, así como para el traslado de residuos sólidos;

XIII. Establecer convenios con las autoridades estatales y federales competentes para llevar a cabo el control de los residuos peligrosos generados a nivel domiciliario y por los establecimientos micro generadores de este tipo de residuos;

XIV. Realizar las actividades de inspección para verificar el cumplimiento de los ordenamientos jurídicos en la materia de su competencia e imponer las sanciones que corresponda;

XV. Atender los demás asuntos que en materia de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, de servicios de limpia, así como de prevención de la contaminación por residuos y la remediación de sitios contaminados con residuos que se les conceda en el presente Libro;

XVI. Instalar de forma individual o regional o a través de concesiones con el sector privado, sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos o de manejo especial que no estén expresamente atribuidos a la Federación o al Estado;

XVII. Otros asuntos que no estén expresamente atribuidos a la Federación o a otras dependencias o entidades de la administración pública del Estado de México.

Así mismo, es necesario tomar en cuenta del Libro Cuarto, Título Primero, antes mencionado, en el Capítulo III “ De La Política para el Manejo de Residuos Sólidos y sus Instrumentos”, el Artículo 4.9 plantea los criterios para la formulación y conducción de la política de residuos sólidos urbanos y de manejo especial para establecer la necesidad de realizar acciones tendientes al tratamiento y disposición de los residuos considerando todo lo necesario para la prevención, minimización, reusó, reciclaje, tratamiento térmico industrializado y disposición final, así como lo relativo a la prevención de la contaminación por residuos, la remediación de sitios contaminados con éstos y en la expedición de los ordenamientos jurídicos derivados del Libro Cuarto, se observa lo siguiente:

I. Los sistemas de gestión de los residuos deben responder a las necesidades y circunstancias particulares de cada una de las municipalidades que conforman la Entidad, además de ser sanitariamente seguros, ambientalmente eficientes, económicamente viables y socialmente aceptables;

II. La generación y las formas de manejo de los residuos son cambiantes y responden al crecimiento poblacional y de las actividades económicas, a los patrones de producción y consumo,

así como a la evolución de las tecnologías de la capacidad de gasto de la población por lo que estos factores deben considerarse al planear su gestión;

III. El costo del manejo de los residuos guarda una relación con el volumen y frecuencia de generación, las características de los residuos y su transportación y la distancia de las fuentes generadoras respecto de los sitios en los cuales serán aprovechados, tratados o dispuestos finalmente entre otros factores que se deben tomar en cuenta al determinar el precio de los servicios correspondientes;

IV. La prevención de la generación de residuos demanda cambios en los insumos, procesos de producción, bienes producidos y servicios, así como en los hábitos de consumo que implican cuestiones estructurales y culturales que se requieren identificar y modificar;

V. El reciclaje de los residuos depende de los materiales que los componen, de la situación de los mercados respectivos, de los precios de los materiales primarios con los que compiten los materiales reciclados o secundarios, la percepción de la calidad de los productos reciclados por parte de los consumidores y de otra serie de factores que requieren ser tomados en cuenta al establecer programas de reciclaje;

VI. Las distintas formas de manejo de los residuos pueden conllevar riesgos de liberación de contaminantes al ambiente a través de emisiones al aire, descargas al agua o generación de otro tipo de residuos que es preciso prevenir y controlar;

VII. La armonización y vinculación de las políticas de ordenamiento ecológico territorial con la de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la identificación de áreas apropiadas para la ubicación de infraestructura para su manejo sostenible;

VIII. El desarrollo, sistematización, actualización y difusión de información relativa al manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial para sustentar la toma de decisiones;

IX. La formulación de planes, programas, estrategias y acciones intersectoriales para la prevención de la generación y el manejo integral de residuos sólidos conjugando las variables económicas, sociales, culturales, tecnológicas, sanitarias, ambientales o de la biodiversidad;

X. El establecimiento de tarifas cobradas por la prestación del servicio de limpia fijadas en función de su costo real, calidad y eficiencia y cuando sea el caso mediante el otorgamiento de subsidios;

XI. El establecimiento de acciones destinadas a evitar el vertido de residuos en cuerpos de agua y la infiltración de lixiviados hacia los acuíferos en los sitios de disposición final de residuos;

XII. El establecimiento de medidas efectivas y de incentivos para reincorporar al ciclo productivo materiales o sustancias reutilizables o reciclables;

XIII. La limitación de la disposición final en celdas de confinamiento solo a residuos que no sean reusables o reciclables o para aquellos cuyo aprovechamiento no sea económica o tecnológicamente factible una vez que no puedan ser transformados o eliminados por completo;

XIV. El fomento al desarrollo y uso de tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización que favorezcan la minimización, eliminación o reaprovechamiento de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en forma sanitariamente segura, ambientalmente eficiente y económicamente viable sin provocar daño a la biodiversidad;

XV. La planeación de sistemas de gestión integral de los residuos que combinen distintas formas de manejo dependiendo de los volúmenes y tipos de residuos generados y con un enfoque regional para maximizar el aprovechamiento de la infraestructura que se instale, y que atendiendo a criterios de economía de escala y de proximidad se debe reemplazar el enfoque tradicional centrado en el confinamiento como la opción principal buscando tecnologías alternativas;

XVI. El establecimiento de acciones orientadas a recuperar los sitios contaminados por la descarga inapropiada e incontrolada de los residuos sólidos y rehabilitar estas áreas degradadas;

XVII. La participación ciudadana en la formulación de planes, programas y ordenamientos relacionados con la gestión integral de los residuos y el acceso público a la información sobre todos los aspectos relacionados con la gestión integral;

XVIII. Los planes de manejo realizados por los particulares seguirán en todo momento ligados al manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial debiendo las autoridades competentes respetarlos aún y cuando los cambios políticos demanden lo contrario; y

XIX. Los demás que establezca el Reglamento del presente Libro y el Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de México.

Así también, el Título Cuarto “De la Generación de Residuos”, capítulo I “De las Obligaciones Generales”, en el artículo 4.43 establece que las personas físicas o jurídicas colectivas que generen residuos sólidos urbanos y de manejo especial tienen la propiedad y responsabilidad del residuo en todo su ciclo de vida, incluso durante su manejo, recolección, acopio, transporte, reciclado, tratamiento o disposición final, así como, es obligación de todo generador de residuos urbanos separarlos en orgánicos e inorgánicos.

3.2.2. Reglamento del Libro Cuarto del Código para la Biodiversidad del Estado de México.

El Reglamento tiene por objeto reglamentar las disposiciones del Libro Cuarto en Materia de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Código para la Biodiversidad del Estado de México, en lo referente a los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en lo relativo a la prevención de la generación, el aprovechamiento, la valorización y la gestión segura e integral de los residuos

sólidos urbanos y de manejo especial que no están expresamente atribuidos a la Federación, fomentando la reducción, reutilización y reciclado, así como la prevención de la contaminación, la remediación y restauración de los suelos contaminados con residuos.

3.2.3. Normas Técnicas Estatales Ambientales.

Las Normas Técnicas Estatales son ordenamientos jurídicos “de observancia obligatoria”, expedidos por las Entidades Federativas. En el caso del Estado de México y referente a la protección del medio ambiente existe el Comité Estatal de Normalización Ambiental el cual tiene la facultad de expedir y aplicar los criterios ambientales estatales y las normas técnicas estatales ambientales, para la prevención, control y restauración de la calidad ambiental.

En materia de residuos, el Estado de México cuenta con cinco Normas Técnicas Estatales Ambientales:

NTEA-001-SEGEM-AE-2003, que establece los requisitos para el almacenamiento, tratamiento y disposición final de residuos orgánicos generados en centros de sacrificio de animales para consumo humano.

NTEA-006-SMA-RS-2006 que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos.

NTEA-010-SMA-RS-2008, establece los requisitos para la Instalación, operación y mantenimiento de infraestructura para el acopio, transferencia, separación y tratamiento de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para el Estado de México.

NTEA-011-SMA-RS-2008, establece los requisitos para el manejo de los residuos de la construcción para el Estado de México.

NTEA-013-SMA-RS-2011, establece las especificaciones para la separación en la fuente de origen, almacenamiento separado y entrega separada al servicio de recolección de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para el Estado de México.

3.3. Normatividad en el municipio de Naucalpan de Juárez.

El Reglamento de Conservación Ecológica y Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Municipio de Naucalpan de Juárez, se constituye como el instrumento reglamentario fundamental del municipio de Naucalpan de Juárez, en donde se establece en su artículo 6, las atribuciones del municipio para autorizar el funcionamiento y operación de los sitios y los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reusó, tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos, y en específico en su título quinto, capítulo quinto en los artículos del 127 al 137 describe todas las obligaciones y facultades que se tienen en el municipio en materia de prevención y gestión de los residuos y la contaminación del suelo.

También se tiene el Reglamento de Operación y Disposición de Desechos Sólidos en el municipio de Naucalpan, con 57 artículos indica toda la normatividad que debe realizar los ciudadanos, comerciantes, industriales y prestadores de servicios, en el manejo, almacenamiento y disposición de los residuos. Y en su Reglamento Orgánico de la Administración Pública de Naucalpan de Juárez donde se establece la estructura organizacional del municipio y sus funciones de cada uno de ellas.

Con toda esta normatividad referente al manejo de los residuos sólidos urbanos, se tiene los elementos jurídicos, para la realizar la propuesta de la estrategia; o en su caso presentar alguna propuesta de modificación a la norma municipal.

3.3.1. Plan Municipal de Desarrollo.

De acuerdo con el Plan Municipal de Desarrollo la Conservación del Medio Ambiente deberá contar con las siguientes estrategias:

- Asegurar la protección y conservación de los recursos naturales.
- Crear políticas e infraestructura necesaria para la conservación ambiental.
- Impulsar una cultura ambiental.

3.3.2. Bando Municipal 2017.

En materia de residuos sólidos no peligrosos el Artículo 19 del Bando Municipal estipula que la población del municipio está obligada a cumplir con los programas que emita el ayuntamiento respecto a la reducción, separación, reciclaje, tratamiento, reutilización y disposición de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos no peligrosos.

3.3.3. Reglamento de Conservación Ecológica y Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Municipio de Naucalpan de Juárez.

El Reglamento se relaciona en materia de residuos en el capítulo Quinto “De la Prevención y Gestión Integral de Residuos y La Contaminación del Suelo” de manera específica con el Programa para la Gestión Integral de los Residuos de Naucalpan en los artículos 127, 128, 129, 130 fracciones III, VI, VII, VIII, 131 y 132 fracciones I, II, III, IV, V, VII, VIII, IX, X, XI, XVII, XVIII y XIX, se enuncian a continuación:

Artículo 127.- El Municipio, conforme a la fracción III del artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos tiene a su cargo las funciones y servicios públicos de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos; para lo cual observará

lo dispuesto en la Ley General, Ley de Residuos, el Código Administrativo, el Reglamento del Libro, el presente Reglamento y los demás ordenamientos legales en la materia.

Las autoridades municipales ejercerán sus facultades conforme a las distribuciones de competencias y coordinación establecidas en la Ley General, Ley General de Residuos, el Código Administrativo y el Reglamento del Libro.

Artículo 128.- En el Municipio, en materia de prevención, valorización y gestión integral de residuos, expedición de disposiciones jurídicas y la emisión de actos que de ellas deriven, así como en la generación y manejo integral de residuos, según corresponda, se observarán los siguientes principios:

- I. El derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar;*
- II. Sujetar las actividades relacionadas con la generación y manejo integral de los residuos a las modalidades que dicte el orden e interés público para el logro del desarrollo sustentable;*
- III. La prevención y minimización de la generación de los residuos, de su liberación al ambiente y su transferencia de un medio a otro, así como su manejo integral para evitar riesgos a la salud y daños a los ecosistemas;*
- IV. Corresponde a quien genere residuos, la asunción de los costos derivados del manejo integral de los mismos y, en su caso, de la reparación de los daños;*
- V. La responsabilidad compartida de los productores, importadores, exportadores, comercializadores, consumidores, empresas de servicios de manejo de residuos y de las autoridades de los tres órdenes de gobierno es fundamental para lograr que el manejo*

integral de los residuos sea ambientalmente eficiente, tecnológicamente viable y económicamente factible;

- VI. La valorización de los residuos para su aprovechamiento como insumos en las actividades productivas;*
- VII. El acceso público a la información, la educación ambiental y la capacitación, para lograr la prevención de la generación y el manejo sustentable de los residuos;*
- VIII. La disposición final de residuos limitada sólo a aquellos cuya valorización o tratamiento no sea económicamente viable, tecnológicamente factible y ambientalmente adecuada;*
- IX. La selección de sitios para la disposición final de residuos de conformidad con las Normas Oficiales Mexicanas y con los programas de ordenamiento ecológico y los planes de desarrollo urbano;*
- X. La realización inmediata de acciones de remediación de los sitios contaminados, para prevenir o reducir los riesgos inminentes a la salud y al ambiente;*
- XI. La producción limpia como medio para alcanzar el desarrollo sustentable; y*
- XII. La valorización, la responsabilidad compartida y el manejo integral de residuos, aplicados bajo condiciones de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, en el diseño de instrumentos, programas y planes de la política pública ambiental para la gestión de residuos.*

Artículo 129.- La Gestión Integral de Residuos comprende al 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 del Municipio.

Artículo 130.- Para prevenir y controlar la contaminación del suelo en el Municipio, se observarán los siguientes criterios:

III. Los residuos sólidos urbanos o residuos sólidos municipales deben manejarse, tratarse y disponerse en sitios con la infraestructura apropiada, conforme a la Ley General, Ley General de Residuos, el Código Administrativo, el Reglamento del Libro, las Normas Oficiales Mexicanas, el Bando Municipal, el presente Reglamento, las Normas Técnicas Estatales, los criterios ambientales particulares, acuerdos y disposiciones generales que establezca el Ayuntamiento y los demás ordenamientos en la materia, para evitar la contaminación del suelo;

VI. Los sitios que se pretendan destinar a la disposición o a la instalación de infraestructura para el manejo, transferencia, tratamiento, disposición final y en general cualquiera de las actividades que comprende la prestación de los servicios de manejo integral de residuos sólidos urbanos o sólidos municipales, deberán contar con autorización expresa de la Dirección y observar el cumplimiento estricto de los ordenamientos legales en la materia. La autorización que se indica, deberá contener las condiciones ambientales a que se sujeta el proyecto de obra o actividad, las medidas de mitigación de efectos negativos al ambiente, restricciones y aquellas medidas necesarias para prevenir la contaminación o deterioro del suelo, proteger la salud y evitar daños al equilibrio ecológico y la conservación de recursos naturales;

VII. Se prohíbe disponer residuos de cualquier tipo en sitios no autorizados, sean vialidades públicas, cuencas y microcuencas, terrenos baldíos, parques públicos, terrenos agrícolas,

embalses y otros en donde se origine contaminación o deterioro del suelo y del ambiente en general;

VIII. La apertura y funcionamiento de sitios de disposición final de residuos específicos, tales como cascajo, material de azolve, materiales térreos, materiales pétreos, lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales y otros, deberán ser expresamente autorizados por la Dirección y someterse al procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental; y

IX. Proteger el suelo de los efectos negativos derivados de los servicios públicos municipales.

Artículo 131.- Para cumplir con lo establecido en el artículo anterior, el Ayuntamiento deberá:

I. Aprobar el Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, de conformidad con la Ley General de Residuos y la legislación en materia de planeación;

II. Formular y emitir criterios ambientales específicos de carácter general para prevenir y controlar la contaminación del suelo;

III. Formular y emitir criterios ambientales específicos de carácter general para el control y manejo de residuos en establecimientos industriales, comerciales de servicios y espectáculos públicos y en los lugares en que se realicen dichas actividades;

IV. Promover estímulos que coadyuven en la instalación y operación de equipos y sistemas de minimización, tratamiento, reusó, reciclaje y aprovechamiento de residuos;

V. Promover la integración, operación y funcionamiento de órganos consultivos en los que participen representantes de los sectores industrial, comercial y de servicios, académico, de investigación y desarrollo tecnológico, asociaciones profesionales y de consumidores y redes intersectoriales relacionadas con el tema, para que tomen parte en los procesos

destinados a clasificar los residuos, evaluar las tecnologías para su prevención, valorización y tratamiento, planificar el desarrollo de la infraestructura para su manejo y desarrollar las propuestas técnicas de instrumentos normativos y de otra índole que ayuden a lograr los objetivos en materia de residuos;

VI. Denunciar por conducto del Primer Síndico Procurador ante las autoridades estatales o federales, según el ámbito de su competencia, hechos o actos que originen contaminación del suelo por residuos; y

VII. Dar vista por conducto de la Dirección, a las autoridades competentes respecto de las actividades altamente riesgosas cuando se generen residuos que se integren a los residuos sólidos urbanos o sólidos municipales; así como cuando se trate de actividades relacionadas con residuos industriales no peligrosos o de manejo especial generados en servicios públicos cuya regulación corresponda al Municipio o se relacione con dichos servicios.

Artículo 132.- Para el cumplimiento de lo señalado en el artículo 131 del presente Reglamento la Dirección deberá:

- I. Instrumentar programas y acciones de restauración y conservación de la calidad de los suelos;*
- II. Formular para aprobación del Cabildo, el Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, de conformidad con la Ley General de Residuos y la legislación en materia de planeación;*
- III. Diseñar e instrumentar los programas para incentivar a los grandes generadores de residuos a reducir su generación y someterlos a un manejo integral y someter a los generadores a la implementación de un plan de manejo de los residuos que generen;*

- IV. Controlar, autorizar, vigilar e imponer sanciones y medidas a quienes generen, aprovechen, transporten, dispongan o en general realicen actividades o realicen servicios públicos de manejo de residuos sólidos urbanos o sólidos municipales;*
- V. Prevenir y controlar la contaminación del suelo, regulando a las fuentes generadoras, productores, comerciantes y consumidores;*
- VII. Impulsar proyectos de investigación técnica y científica que permitan un mejor conocimiento sobre el manejo, reusó, reciclaje, aprovechamiento, tratamiento y la apropiada disposición de los residuos;*
- VIII. Instrumentar las acciones para el adecuado manejo de los residuos sólidos urbanos o sólidos municipales, mediante su separación, disposición temporal en contenedores adecuados, modificación de hábitos de consumo y tratamiento de la materia orgánica, entre otras medidas que se promuevan para evitar y reducir su generación;*
- IX. Establecer y mantener actualizado el registro de los grandes generadores de residuos sólidos urbanos;*
- X. Elaborar, actualizar y difundir el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial;*
- XI. Verificar y controlar el cumplimiento de los ordenamientos legales en la materia con relación a los residuos e imponer sanciones y medidas de seguridad que resulten aplicables;*
- XVII. Desarrollar guías y lineamientos para la segregación, recolección, acopio, almacenamiento, reciclaje, tratamiento y transporte de residuos;*
- XVIII. Organizar y promover actividades de comunicación, educación, capacitación, investigación y desarrollo tecnológico para prevenir la generación, valorizar y lograr el manejo integral de los residuos; y*

XIX. Supervisar el cumplimiento de la normatividad aplicable en materia de prevención y control de la contaminación del suelo.

Como conclusiones del capítulo, la normatividad mexicana desde un contexto general vela por la ciudadanía para tener un ambiente adecuado y protege los ecosistemas, la problemática radica en el incumplimiento de la misma en mucho de sus rubros, ocasionado por la falta de recursos económicos de las instituciones gubernamentales en sus tres niveles, para ejercer inspecciones y vigilancia, para realizar programas que mejoren el entorno como se establece, regularmente en el discurso político y en los planes de desarrollo se describe la sustentabilidad, pero en la práctica, son áreas donde menor recurso tienen del gasto público. Otros factores desde la actuación ciudadana los hábitos del manejo de los residuos y su desconocimiento de la norma, tiende a faltar de manera recurrente. Adicionalmente a intereses personales que ponen por encima del bienestar de la comunidad. Por otro lado dentro de la normatividad algunas menciones en cuanto a la promoción del aprovechamiento y el uso de tecnologías y no como una tendencia de las políticas públicas desde lo federal y lo local.

Capítulo 4. Marco Conceptual del Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.

4.1. Estrategia.

“Una estrategia es el modelo o plan que integra los principales objetivos, políticas y sucesión de acciones de una organización en un todo coherente. Una estrategia bien formulada ayuda a ordenar y asignar los recursos de una organización de una forma singular y viable, basada en sus capacidades y carencias internas relativas, en la anticipación a los cambios del entorno y en las eventuales maniobras de los adversarios inteligentes” J.B. Quinn (1980).

El concepto de estrategia es originario del campo militar, aparece en el campo económico y académico con la teoría de juegos de la mano de Von Neumann y Morgenstern en 1944. En ambos casos la idea básica es la de la competición, es decir, la actuación frente al adversario para lograr unos objetivos determinados. Se introduce en el campo del management con las obras de Chandler (1962), Andrews (1962), Ansoff (1976), como la determinación conjunta de objetivos de la empresa y de las líneas de acción para alcanzarlos, es decir, expresa lo que quiere ser la empresa en el futuro.

Existen muchas definiciones de la estrategia dadas por distintos autores, una primera definición de estrategia empresarial es aquella que la define como “la dialéctica de la empresa con su entorno”; otros autores la definieron como “el conjunto de decisiones que determinan la coherencia de las iniciativas y reacciones de la empresa frente a su entorno”; para otros la estrategia es “el patrón de los principales objetivos, propósitos o metas y las políticas y planes esenciales para lograrlos, establecidos de tal manera que definan en qué clase de negocio la empresa está o quiere estar y qué clase de empresa es o quiere ser”; otra definición es la siguiente “la estrategia competitiva consiste en relacionar a una empresa con su medio ambiente” y “el aspecto clave del entorno de la empresa es el sector o sectores industriales en los cuales compite dependiendo de

cinco fuerzas competitivas básicas” . Vemos que hay una gran variedad de definiciones sobre la estrategia que está en función del enfoque que se le dé al estudio del problema; por último otros autores consideran la estrategia con un carácter multidimensional ya que “abarca todas las actividades críticas de la empresa, proporcionándole un sentido de unidad, dirección y propósito así como facilitando los cambios necesarios inducidos por su entorno”. La planificación estratégica representa un progreso importante en relación con los intentos anteriores de planificación a largo plazo, en cuanto que introduce un análisis sistemático del entorno, un esfuerzo para generar varias alternativas estratégicas y la participación directa de la alta dirección en la formulación estratégica como rasgos más diferenciadores (Duran Juvé, 1999, pp. 2-4).

4.2. Gestión.

El significado etimológico, que proviene de la palabra latina gestio-onem, se refiere al gestor como un procesador, un hacedor de acciones. De lo que deriva su caracterización como el acto de conducir los asuntos de alguien y ejercer autoridad o mando sobre una determinada organización.

Un tratamiento por demás interesante de la gestión, circunscrito a la empresa privada, la gestión puede designarse convencionalmente como la organización social de la empresa, toda vez que “en el centro de todo sistema de gestión se halla el hombre, objeto y sujeto de la misma gestión”, por lo que, como consecuencia de que “el hombre es un ser social, y su actividad individual es también social, es que la gestión debe definirse, desde el comienzo mismo, como una función social”.

Esta conclusión nos lleva a entender que la gestión, es como una función de organización del trabajo combinado, referida al conjunto de relaciones e interacciones entre los hombres en el proceso de producción, a la organización de la actividad conjunta de los hombres y a su interacción

con los medios de producción, no como un fenómeno relacionado exclusivamente con asuntos técnicos o procedimentales.

Existen palabras que por sí mismas presentan una complejidad. Tal es el caso de la palabra gestión pública. Particularmente por su dificultad para denotar las implicaciones teóricas y prácticas del fenómeno de referencia. Consecuencia de ello que la palabra gestión se utilice indistintamente para nombrar fenómenos que, por su origen y finalidad, guardan grandes distancias. Nos referimos al terreno de lo privado y de lo público; es decir, a la gestión de negocios y a la gestión pública, respectivamente.

Hoy día resulta común el tratamiento de la gestión pública exclusivamente como un proceso de gestión, sin mayor consideración de las particularidades y propiedades que le representan su carácter público, dando lugar a su identificación con el proceder propio del ámbito privado. Que dicho sea de paso, ha merecido mayor atención en su desarrollo teórico, si bien de carácter descriptivo y prescriptivo.

Sin embargo, y teniendo la precaución de no caer en este tipo de conclusiones, resulta pertinente iniciar a partir de lo que representa el proceso de gestión, para estar así en condiciones de resaltar sus implicaciones cuando se le acompaña del sustantivo privado, lo que nos permitirá, como punto de partida, marcar distancia de las especificidades que el proceso de gestión manifiesta cuando es referido al sector público (Guerrero, 2008, pp. 40-41).

4.3. Residuos sólidos urbanos.

En este punto se desglosa el marco conceptual del tema a desarrollar para tener una claridad en los términos que emplearemos a lo largo de la tesis.

Residuos sólidos son todos los residuos que surgen de las actividades humanas y animales, que normalmente son sólidos y que se desechan como inútiles o no queridos. Por sus propiedades intrínsecas, los materiales de los residuos desechados a menudo son reutilizables y se pueden considerar como un recurso en otro marco.

Gestión integral de residuos sólidos es el término aplicado a todas las actividades asociadas con la gestión de los residuos dentro de la sociedad, que su meta es gestionar los residuos de la sociedad de una forma que sea compatible con las preocupaciones ambientales y la salud pública, y con los deseos de la sociedad respecto a la reutilización y el reciclaje de materiales residuales (Tchobanoglous, 1994, p. xix)

Y también la gestión de residuos sólidos puede ser definida como la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión idóneos para lograr metas y objetivos específicos de gestión (Tchobanoglous, 1994, p. 16). Dentro de su ámbito, la gestión de residuos sólidos incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de los residuos sólidos. Las soluciones pueden implicar relaciones interdisciplinarias complejas entre campos como la ciencia política, el urbanismo, la planificación regional, la geografía, la economía, la salud pública, la sociología, la demografía, las comunicaciones y la conservación, así como la ingeniería y la ciencia de los materiales.

Y de acuerdo a la Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos, los residuos sólidos urbanos son “Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los

resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole”.

Capítulo 5. Estrategia para la gestión.

Para darle certidumbre al planteamiento inicial de la gestión de los residuos sólidos urbanos en Naucalpan, estableceremos un objetivo general y objetivos específicos que ayuden a facilitar la investigación y resolver la problemática que generan los residuos sólidos urbanos en el municipio de Naucalpan de Juárez, desde la generación en los domicilios, comercios, servicios e industria; hasta el reciclamiento, aprovechamiento o disposición final de estos.

Con lo que respecta a este Plan en Naucalpan, como una de las propuestas a realizar en esta administración 2016-2018, se inició a principios de la administración. Dando continuidad al proyecto de titulación que inicie durante los estudios realizados en la Maestría de Gobierno y administración, en distintas asignaturas de la misma. Es pertinente comentar que el desarrollo de algunos capítulos, mencionare de algunos avances que ya se realizaron o están en proceso, y el resto quedarán como un planteamiento para su aprobación del Cabildo como futuras acciones a realizar. Mismo que seguirá ampliándose para ir detallando todas y cada una de las etapas aquí planteadas, aumentando cada vez más el número de instituciones y personas involucradas para garantizar su puesta en marcha y una evaluación permanente.

5.1, Justificación de la estrategia para la gestión.

Para presentar esta justificación planteamos unas preguntas directas y sus respuestas, que nos brinda una clara idea del porque se justifica la investigación y quienes se beneficiarían de la estrategia del manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos en Naucalpan de Juárez y se presentan de la siguiente manera:

¿Quiénes se benefician?

La sociedad en su conjunto y el medio ambiente en que habitamos.

¿Para qué sirve?

Para mejorar el medio ambiente, mejorar la calidad de vida de las personas, crea fuentes de trabajo, crea una economía alrededor del manejo adecuado, reducir los costos de la operación actual de los residuos sólidos urbanos, entre otros.

¿Ayuda a resolver problemas prácticos?

Si, ya que existe una contaminación ambiental debido a una gestión de residuos sólidos que no garantiza que lleguen a un sitio de disposición o reciclamiento, así como la reducción de contaminantes que afectan al cambio climático, suelo y afluentes.

¿Puede sugerir ideas, recomendaciones o hipótesis a futuros estudios?

Si, puesto que hay muchas tecnologías en el mundo que no han sido adaptadas en nuestro país, o sistemas de gestión de los residuos sólidos urbanos en otras ciudades con resultados positivos. Y existen instituciones en México que les interesa realizarlos.

¿Puede ayudar a crear nuevos instrumentos?

Si, ya que se propone un cambio de hábitos de la sociedad para el manejo de los residuos, mejorar las condiciones de un sector de la sociedad que hoy son precarias, así como un sistema más eficiente y eficaz para el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

5.2. Objetivo de la estrategia para la gestión.

5.2.1. Objetivo general.

Que el Municipio de Naucalpan de Juárez cuente con las políticas públicas que permita desarrollar el hábito en la ciudadanía de la separación de los residuos, de acuerdo a una eficiente y eficaz gestión de los residuos urbanos y de manejo especial, priorizando los residuos reciclables;

aprovechando las tecnologías mundiales que den como resultado menor cantidad de residuos a disponer en el relleno sanitario.

5.2.2. Objetivos Específicos.

Identificar el origen y destino de los residuos sólidos urbanos en Naucalpan de Juárez.

Identificar los materiales que componen los residuos sólidos urbanos y para determinar aquellos que son susceptibles de ser reciclados.

Involucrar a instituciones nacionales e internacionales en la realización del Plan y su ejecución.

Difundir el Plan a todos los ciudadanos en Naucalpan, para garantizar la correcta puesta en operación.

Crear el hábito en los ciudadanos de la separación de los residuos, de acuerdo al mayor aprovechamiento de los mismos.

Tener un sistema eficiente y eficaz de recolección y traslado de los residuos sólidos urbanos que garantice el máximo aprovechamiento de los mismos.

Regularizar el sector económico alrededor de la venta de los residuos comercializables, que permita mejorar las condiciones de vida de la población que dependen de esta actividad.

Crear centros de acopio y comercialización adecuados, que permitan recuperar los materiales reciclables en mejores condiciones y se genere mayor utilidad de estos.

Tener las plantas con la mejor tecnología existente para el aprovechamiento de los residuos y obtención la generación de energías limpias.

Aprovechar de las diferentes energías que se generan en el sitio de disposición final, y la utilización de las tecnologías existentes.

Propiciar una gestión de residuos sólidos urbanos que cumpla las normas oficiales mexicanas e internacionales.

Elaborar un plan de gestión de residuos sólidos urbanos que contribuya a la reducción de contaminantes a la atmosfera, al suelo, a los cuerpos de agua, aportando a la mitigación de los efectos negativos del cambio climático y que no afecte a la salud de la población.

5.3. Planteamiento de la estrategia.

El pilar de la gestión considera la participación de instituciones nacionales e internacionales, y la sociedad en general que estén interesadas en participar en un Plan que cambie la gestión de los residuos urbanos y de manejo especial en México, donde participen activamente desde la planeación y hasta su ejecución.

Debido a sus implicaciones que tiene la gestión de los residuos sólidos urbanos en el medio ambiente, la salud, la economía, la política, en la prestación de los servicios públicos, entre otras, es importante contemplar que en la propuesta deben estar involucrados profesionistas de diferentes disciplinas y sectores de la sociedad para tener varios puntos de vista, y que todos estos componentes a considerar dé una garantía de éxito en la creación de la política pública a desarrollar.

Estoy consciente de la complejidad de este Plan, pero también estoy convencido que se puede y se debe realizar, la urgencia de un cambio en la gestión de los residuos en México ya se está realizando, solo es buscar la manera más eficiente y eficaz de desarrollarlo. Es por ello que se propone un Plan a corto, mediano y largo plazo.

Empezando por un estudio de factibilidad partiendo de la caracterización de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que se generan actualmente, posteriormente una caracterización

específica para determinar el tipo de tecnología a desarrollar, seguido de una clasificación detallada de los residuos generados en los domicilios para la identificación de la separación de origen, comercios, servicios e industria; que permitirá replantear el sistema de recolección y transportación, buscando un programa de centros de acopio y comercialización de los materiales reciclables, hasta la búsqueda de la tecnología para el máximo aprovechamiento de los residuos y su disposición final de aquellos residuos que por el momento no se han aprovechables (anexo 2).

Un factor indispensable a incluir, son aquellas personas que están involucradas en el manejo y comercialización de los residuos, en especial aquellos grupos más vulnerables de la sociedad, que recolectan los materiales directamente de los contenedores, camiones o sitios de disposición, buscando en todo momento mejorar su calidad de vida.

Otro elemento importante a considerar desde el principio, es la transparencia hacia la ciudadanía, evitando el crear compromisos con empresas nacionales e internacionales antes de una licitación donde se tengan claras las tecnologías y términos de referencia, para garantizar los mejores beneficios para la comunidad. Con la puesta en operación del Plan, las acciones y resultados de los procesos deben ser evaluados y medir los impactos, dándolos a conocer públicamente e iniciar un sistema de mejora continua.

También se debe considerar dentro de la administración pública la transversalidad donde estén involucradas diferentes áreas en los procesos propuestos.

Para ello se plantean cuatro ejes principales de la estrategia que son: El reciclaje de origen de los materiales comercializables, la reducción de la producción de residuos, la reutilización de los productos antes de considerarlos residuos, y la transformación de residuos a recursos aprovechables.

El primero de ellos como un eje principal, se define como la “Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos” (LGPGIR; 2003).

Para Ruiz (como se citó en Lund, 1996) el contestar preguntas sobre el reciclaje es complejo como ¿Qué es?, ¿Qué quiere decir?, ¿De qué se trata?, ¿Quién lo hace?, ¿Por qué tengo que hacerlo?, ¿Cuándo empieza y termina?, ¿Lo hace alguna vez?; ya depende de quien la responda si es de una institución gubernamental, académica, empresarial o comercial, cada uno la responde desde su punto vista. Pero hoy si es claro que el reciclaje es una estrategia de gestión de residuos sólidos, que al igual que la confinación final o la incineración ambientalmente es lo correcto.

Además de lo dicho por el autor, es importante mencionar la importancia que tiene para el aprovechamiento de los materiales que fueron creados y utilizados para un fin determinado, y que estos puedan ser transformados y vueltos a utilizar de manera repetitiva sin que se tengan que extraer materiales no renovables de la naturaleza evitando su sobreexplotación. Adicionalmente se ha creado una cadena productiva alrededor del reciclado, tomando como materia prima los productos extraídos de los residuos sólidos urbanos, para productos existentes en el mercado o en la creación de nuevos productos obtenidos de la transformación de los residuos a menor costo, desarrollando un sector económico alrededor del reciclamiento.

El reciclaje también se realiza por tres razones primordiales, la primera por razones altruistas para el cuidado del medio ambiente y la conservación de recursos, el segundo por razones económicas cuando los materiales tienen un valor en el mercado y la tercera legales, cuando existe obligatoriedad de reciclar de acuerdo a la normatividad existente bajo la pena de sanciones económicas o civiles (Lund, 1996, p.1.7).

Adicionalmente en este orden de ideas y considerando para estos tiempos los cambios conceptuales de la gestión de los residuos sólidos urbanos, se tendrá que realizar un estudio donde se considere la viabilidad de la comercialización de los materiales susceptibles de ser reciclados, ya que depende de la oferta y la demanda del mercado regional para su transformación o realizar análisis de costo para transportarlos a otras regiones del país o del mundo. De esa forma podremos definir claramente cuáles son los materiales que son viables de ser separados y entrar en una cadena productiva en el municipio de Naucalpan de Juárez.

Por otro lado se considera la separación de origen, esto quiere decir que se realizara una clasificación de los materiales susceptibles de ser comercializados antes que sean mezclados con aquellos que no lo son, para que no se contaminen y pierdan sus propiedades de un mejor aprovechamiento.

Este proceso lo realizan aquellos generadores que tienen uso de suelo habitacional y comercial, manteniéndose separados en recipientes independientes y se recolectaran en días diferenciados y enviados al lugar de confinamiento final o al centro de acopio de acuerdo al material que se trate (Lund, 1996, p.1.8). Adicional a los generadores mencionados por el autor también se incluyen aquellos usos de suelo industrial y de servicios.

También se considera la reducción en la generación de residuos, en primer instancia va dirigido a economizar recursos, fabricando productos no contaminantes, con ahorro de energía, procesos no contaminantes, productos que generen menos residuos, reutilización, uso de productos más duraderos, recuperación, control de disposición, recolección por parte del productor (Seoáñez, 1999, p.71).

Otra acción a considerar, la reutilización de los productos antes de considerarlos residuos, este considera el buscar el mayor aprovechamiento de los envases de un producto antes de enviarlo al reciclamiento o a la disposición final.

El último eje de la transformación de residuos a recursos aprovechables, es acerca del proceso de la ejecución de la gestión con buscar procesos y tecnologías que permitan un aprovechamiento de las materias no valorizables, convirtiéndolos en otros productos que se transformen, integrándolos a un proceso productivo, tendiendo a cero disposiciones de residuos sólidos urbanos.

Ya considerados en nuestra estrategia de gestión de los residuos sólidos urbanos, los elementos sociales, económicos, ambientales y técnicos, falta algo importante que será definitivo para la toma de decisiones, y es la composición de los residuos que se generan en las diferentes condiciones sociales y los diferentes usos de suelo que tienen el territorio municipal.

La composición de los residuos depende de factores como: nivel de vida de la población, actividad de la población y el clima de la zona. En función de estos factores consumirán y se utilizarán ciertos productos que originarán la composición de los residuos sólidos, a medida que asciende el nivel de vida disminuye el porcentaje de residuos orgánicos de comestibles y aumenta el del papel, plásticos, metales y vidrio (Seoáñez, 1999, p.79).

5.4. Viabilidad de la estrategia para la gestión.

Recordemos que además de los elementos anteriores, es necesario considerar otro aspecto importante del planteamiento del problema: la viabilidad o factibilidad del estudio; para ello, debemos tomar en cuenta la disponibilidad de tiempo, recursos financieros, humanos y materiales que destinarán, en última instancia, los alcances de la investigación (Sampieri, 2014, p. 41).

También es importante para pasar de una buena idea, a la realización de un Plan y de ahí a la ejecución, considerar el momento en el que te encuentras, para identificar las personas apropiadas, como las instituciones nacionales e internacionales que pueden respaldar el proyecto.

De acuerdo a las condiciones y problemática del Municipio, se planteó el sumar esfuerzos de las diferentes áreas del Ayuntamiento. Planteando desarrollar el Plan de Gestión integral de los residuos sólidos urbanos, como un gran proyecto que envuelve a varias estrategias, y empezar a desarrollar en varias etapas. La primera de ellas, pensamos que pudiera tener gran potencial el manejo y aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) (Anexo 3) con la valorización energética y siendo esta la de mayor porcentaje representativo de los Residuos Sólidos Urbanos, y la intención de participar en este rubro, de instituciones internacionales, en la generación de energía eléctrica por el proceso del biodigestor.

Y por otro lado estamos desarrollando otra estrategia en paralelo, la de separación de origen en predios de uso habitacional, comercial, de servicios e industrial, así como un cambio radical en el sistema actual de recolección y transportación, con el fin de garantizar el suministro del producto apropiado para que el biodigestor, y este sea lo más eficiente y eficaz posible. Estos materiales se establecerán de principio, como resultado del estudio de viabilidad técnico que actualmente se está llevando por la Agencia de cooperación Alemana GIZ y la Facultad de Química de la UNAM (Anexo 4).

Aprovechando este contexto y el marco de la Iniciativa internacional del Climate & Clean Air Coalition (CCAC), y con el apoyo de la Environmental Protection Agency (US-EPA) de los Estados Unidos de América, y de las Secretarías de Energía (SENER) y de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de México, el Ayuntamiento realizó los estudios de factibilidad técnica y económica para optimizar el manejo, operación y alcanzar la valoración

máxima de los residuos orgánicos, incorporando la generación de energía limpia, con el uso de la tecnología más apropiada de acuerdo a las características específicas del Municipio.

Este proyecto podría convertirse en el primer proyecto de esta magnitud de generación de energía a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos en América Latina, que desde un enfoque de “economía verde” (Green economy) concilie objetivos económicos y ambientales, es decir que genere ingresos económicos, al tiempo de mejorar los servicios públicos y reducir las emisiones de metano a la atmósfera. No obstante, para hacerlo realidad y que éste pueda ser documentado y usado como modelo para otras ciudades de características similares, se requiere sumar y alinear esfuerzos de instituciones y actores interesados en este objetivo.

Para este proceso se invitó a que conformaran del equipo de trabajo para el desarrollo y ejecución del proyecto, invitando a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA), Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), Secretaría de Energía (SENER), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Banco Mundial (WB), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Comisión de Cooperación Ambiental para América del Norte (CCA), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Banobras, AMBB (Asociación Mexicana de Biomasa y Bioenergía), Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México. No todos se integraron al equipo de origen, pero con los resultados se han sumado y seguramente lo seguirán haciéndolo más.

El primer paso, fue realizar un diagnóstico de pre factibilidad técnico-económica con instituciones con prestigio que avalen la propuesta, para este estudio se tuvo apoyo económico y

técnico de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) a través de Global Methane Initiative y Tetrattech. Estos estudios se puede realizar con datos existentes en la administración municipal, complementadas con la experiencia e información de las instituciones nacionales e internacionales que están al alcance del investigador, con un mínimo de recursos o apoyos de las mismas instituciones (anexo 3).

Los resultados a la fecha son excelentes, mismos que han permitido iniciar con otros estudios necesarios para garantizar la viabilidad de la estrategia, los términos de referencia para la licitación y los requerimientos para obtener los recursos económicos para la ejecución del mismo, estos son:

Viabilidad Técnica

Viabilidad Económica

Viabilidad Financiera

Viabilidad Legal

Viabilidad Social

Viabilidad ambiental

5.5. Grupos de interés en la estrategia.

La sociedad a lo largo de su historia ha creado diferentes organizaciones sociales en las que se agrupan para tratar de resolver las diferentes necesidades comunes, para esta estrategia de gestión de los residuos sólidos urbanos, se buscó a aquellas que están involucradas para poder identificar sus puntos de interés que tienen en cada una de las acciones que se proponen desarrollar y contemplar las posibles soluciones de manera conjunta, pensando siempre en el beneficio colectivo, antes que los beneficios personales de algún liderazgo que pretende representar alguno de estos.

Iremos enunciando las instituciones dentro de algún proceso de la estrategia, en su participación actual y la posible alternativa de participación en el nuevo planteamiento.

Áreas internas del Municipio.

Instituciones gubernamentales nacionales.

Instituciones gubernamentales internacionales (agencias de cooperación).

Las instituciones académicas Nacionales.

Instituciones financieras Nacionales e Internacionales.

Los generadores de residuos domiciliarios.

Los generadores de residuos comerciales, de servicios e industriales.

Las asociaciones civiles con actividad en el medio ambiente.

Los comerciantes formales de productos reciclables.

Los comerciantes informales de productos reciclables.

Los recolectores formales de materiales reciclables.

Los recolectores informales de materiales reciclables.

El sindicato de trabajadores del municipio de Naucalpan de Juárez.

La industria formal involucrada en el reciclamiento.

La industria informal involucrada en el reciclamiento.

Transportadores formales de materiales reciclables.

Transportadores informales de materiales reciclables.

Pepenadores.

Los partidos políticos .Medios de comunicación.

Los ejidos dentro del territorio municipal.

Asociaciones de fraccionamientos.

Consejos de participación ciudadanos y Delegados de colonias, fraccionamientos y pueblos.

Colegios de profesionistas.

Cámaras de industriales.

Los fabricantes de empaques.

5.6. Experiencias Internacionales.

Unión Europea y España

El desarrollo económico tiene consecuencias positivas y negativas derivadas de las actividades (agricultura, ganadería, industrial, turismo, etc.) o del consumismo, entre otras causas. Los residuos también constituyen una afectación al medio ambiente muy clara, estando ligada a factores diversos, entre los que destacan los intereses económicos, los políticos, los ecológicos y los sanitarios. Por otra parte, los volúmenes que se generan en España del orden de los 300 millones de toneladas al año, y en aumento (Seoáñez, 2000, p. 27).

La Unión Europea, ha mejorado la estrategia seguida por los Estados Unidos, orientando las disposiciones a la gestión preventiva, España se ha conducido hasta hace poco, a la minimización después de los procesos utilizando técnicas de descontaminación, en la actualidad ha tenido un cambio radical siguiendo la directriz de la Unión Europea y en 1998 promulgo la Ley de residuos, con una concepción moderna de la gestión integral de residuos, coordinando todos los sectores afectados territorial, industrial, agrario, económico, etc. Poniendo en primer plano la reducción en origen, el reciclado, la reutilización y la valoración. En la optimización de las operaciones intermedias que incluyen en la gestión (recolección, almacenamiento, recuperación, reciclado, destrucción, reducción, etc.) (Seoáñez, 1999, p.61).

Las líneas generales que se siguen en España en materia de residuos son: al igual que la normativa europea, establecen una norma común para casi todos los residuos; prevé el desarrollo de planes autónomos de gestión de residuos, integrados en los planes nacionales; regula la gestión y uso de los productos susceptibles de generar residuos (prevención); Prevé la creación de instrumentos económicos-financieros de apoyo. Adicionalmente establece tres principios básicos: Prevención que se refiere a evitar la generación de residuos o reducirlos (planificación, regulación, incentivos, reducción); la valorización que trata de aprovechar los residuos, utilizando los recursos que contienen que sean útiles y que no dañen el medio ambiente (reutilización, reciclado, incineración con producción de energía); y la eliminación que se refiere a la destrucción de los residuos no valorizados con menor impacto al medio ambiente (rellenos sanitarios, incineración y estabilización) (Seoánez, 1999, p.62).

En este capítulo se cuentan las experiencias adquiridas en participaciones en congresos internacionales sobre la gestión de residuos urbanos y de manejo especial, así como visitas a Instituciones académicas, empresas y plantas en Alemania y España. Hemos asistido al VI Congreso Internacional de Educación Ambiental, La Habana, Cuba del 2-6 julio del 2007; al Segundo Congreso Internacional de Casos de Éxito: Educación para el Desarrollo de Sociedades Sustentables, Boca del Rio, Veracruz, México, del 5 al 8 de mayo del 2008; 12 de junio del 2008; Recorrido a Generador de Electricidad y energía calorífica en Düsseldorf, Alemania junio 2008; y en el marco del Programa de Cooperación Técnica México-Alemania “KWF DEG” para el aprovechamiento energético de residuos urbano, se realizó un taller y recorrido a plantas de energías limpias del 12 al 30 de mayo del 2017 en la ciudad de Rostock, Alemania y visitando plantas de gestión, tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos, así como plantas de energías limpias en la región norte de Alemania.

TECMA Feria Internacional del Urbanismo y del Medio Ambiente 2008, Madrid, España



Figura 9. (Rodríguez, 2008), *TECMA Feria Internacional del Urbanismo y del Medio Ambiente 2008, Madrid, España* (fotografías) Elaboración propia.

Taller y recorrido a plantas de energías limpias del 12 al 30 de mayo del 2017 en la ciudad de Rostock, Alemania.



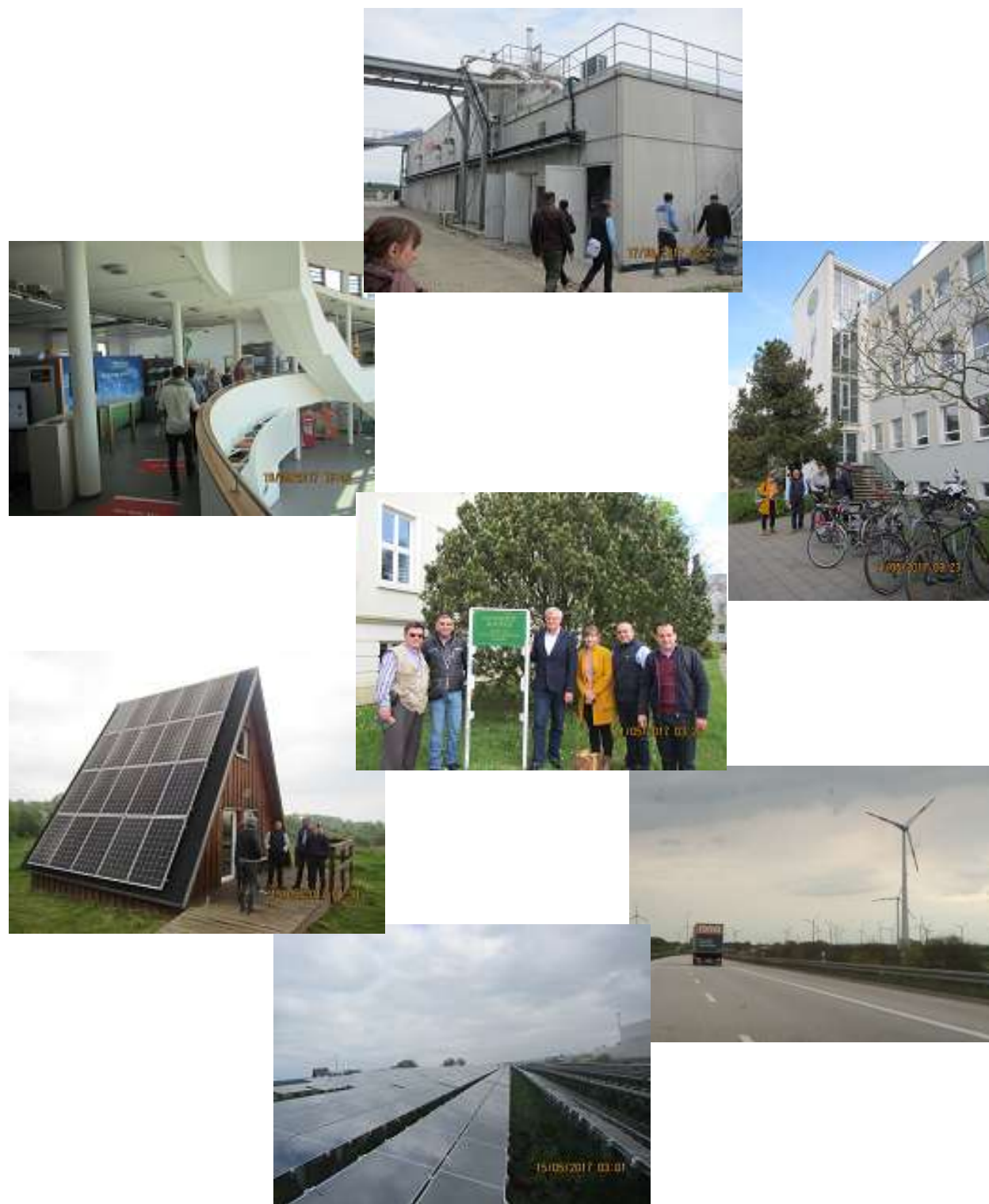


Figura 10. (Rodríguez, 2017), *Aprovechamiento energético de residuos urbano, se realizó un taller y recorrido a plantas de energías limpias del 12 al 30 de mayo del 2017 en la ciudad de Rostock, Alemania. (Fotografías)*
Elaboración propia.

Como conclusiones del capítulo, como parte central del plan, se establece de forma clara la gestión, objetivos, planteamiento de la estrategia, la viabilidad, los grupos de interés más relevantes, incluso experiencias internacionales de algunos autores y la propia. Siendo una propuesta de origen compleja, ya que considera desde la separación de origen pasando por una reingeniería de recolección y transporte, cambio de hábitos de todos en el reciclado, reuso y reducción de los residuos, hasta el aprovechamiento y disposición final. Pero realizable si unimos los elementos apropiados para su planeación y ejecución.

Capítulo 6. Condición Actual de los Residuos Sólidos Urbanos en Naucalpan.

6.1. Generación de Residuos.

El manejo de los residuos sólidos urbanos en el municipio es realizado por la Dirección General de Servicios Públicos, la cual no cuenta con la suficiente infraestructura para atender aproximadamente 844,219 naucalpenses (INEGI, 2015) o es ineficiente e ineficaz por malos hábitos contraídos a lo largo del tiempo. Por tal motivo, en el municipio operan más de 153 vehículos recolectores irregulares (Anexo 5), que también realizan esta actividad en diversas colonias que generalmente realizan el traspaleo de los residuos en la vía pública, incumpliendo lo establecido en el Bando Municipal y Reglamento de Conservación Ecológica de Naucalpan de Juárez.

A pesar de lo anterior, el servicio de los prestadores irregulares proporciona a la ciudadanía mayor cobertura de recolección en horarios matutino, vespertinos e incluso horarios nocturnos, principalmente en las colonias populares, donde el acceso es difícil.

6.2. Generación Per cápita de Residuos Sólidos.

El municipio actualmente no ha realizado un estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos que proporcione datos reales de la generación per cápita, para estimar la cantidad de generación de residuos sólidos urbanos, por lo que se tomaron en cuenta los datos publicados por la SEMARNAT para la zona geográfica “centro”, donde se ubica el municipio de Naucalpan. El dato de generación establece que la generación de los residuos sólidos urbanos (RSU) es de 1.05 kg/hab/día. Así también, se analizaron las proyecciones de la población por municipio y localidades publicados por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), los cuales indican que la población del municipio en 2010 era de 855, 511 habitantes y su proyección al 2030 de

1'034,469 habitantes. Tomando en cuenta los datos antes mencionados se estima que en 2030 la generación de RSU será de 396,460.40 t/año, presentándose este aumento con respecto al crecimiento poblacional estimado, en la siguiente tabla se muestran las cantidades proyectadas de generación de RSU en Naucalpan.

Tabla 3

Proyección de la generación anual de RSU 2010-2030.

Año	Población	Proyección de la generación anual de RSU [t/año]
2010	855,511	327,874.67
2011	862,351	330,496.19
2012	869,901	333,389.41
2013	878,356	336,629.78
2014	887,467	340,121.77
2015	897,015	343,780.88
2016	906,830	347,542.78
2017	916,796	351,362.02
2018	926,802	355,196.89
2019	936,758	359,012.65
2020	946,612	362,789.14
2021	956,324	366,511.00
2022	965,862	370,166.57
2023	975,204	373,746.88
2024	984,329	377,244.16
2025	993,217	380,650.28
2026	1,001,882	383,971.09
2027	1,010,347	387,215.36
2028	1,018,606	390,380.71
2029	1,026,653	393,464.71
2030	1,034,469	396,460.40

Fuentes: CONAPO SEMARNAT (2010), *Proyección de la generación anual de RSU 2010-2030*. Recuperado de <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>, http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RSM01_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce.

De acuerdo con el estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos elaborado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) (Anexo 6), donde muestrearon 44 colonias en el municipio (21 colonias residenciales y 23 colonias populares), tuvo como resultado que la generación de los residuos sólidos en el municipio está compuesta con el 40.0% de residuos orgánicos (papel composteable y restos de comida), el 14.2% de otros residuos municipales (pañales desechables, residuo fino y otros), 12.6% de plásticos (botellas, contenedores, película de plástico, poliestireno, entre otros), 10.3% de residuos de jardín, 6.9% de otros residuos orgánicos (algodón, hueso, ropa, textiles, cuero y hule), 6.6 % material inerte (madera, cerámica y material de la construcción), papel 4.9%, vidrio 3.2%, metal 0.9%%, electrónicos 0.2% y peligrosos 0.2%.

Composición de Residuos en Naucalpan de Juárez, México.

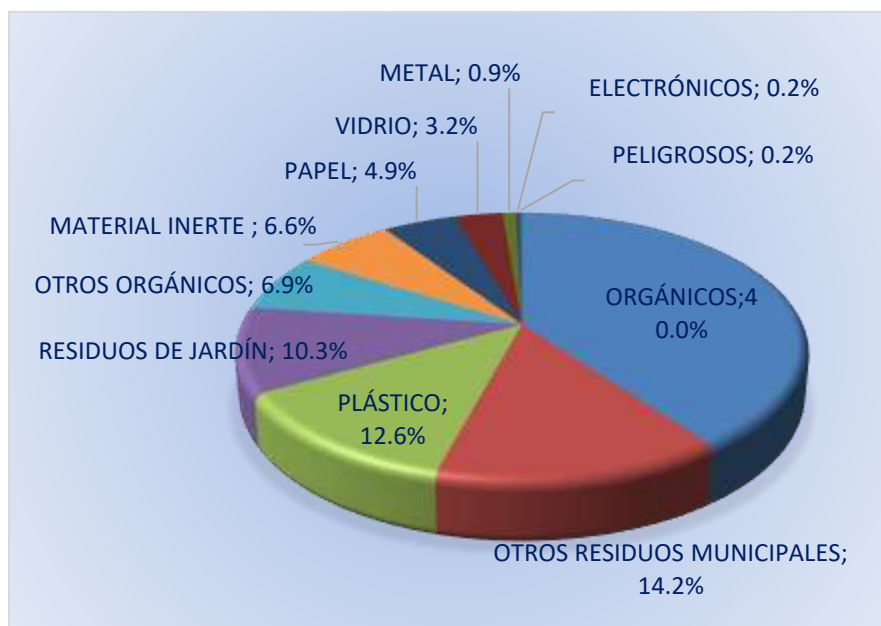


Figura 11. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Iniciativa de residuos sólidos municipales de la coalición del clima y aire limpio. (2017). *Composición de Residuos en Naucalpan de Juárez, México.* (Gráfica). Estudio de Caracterización de Residuos: Estación de Transferencia de Naucalpan, México (Anexo 6).

De la muestra tomada de los residuos generados en el municipio son: 50.3% composteable, el 31.3% no es recuperable, el 12.4% es reciclable y 6.0% es reusable. Cabe mencionar que, el estudio se realizó en las instalaciones de la Central de Transferencia del municipio, por lo que, las muestras analizadas, fueron previamente alteradas, debido a la práctica común de la selección de residuos valorizables como plásticos, cartón y metales principalmente, durante la recolección y traslado de los residuos en los vehículos recolectores, para la posterior venta en centros de acopio ubicados en el municipio.

Caracterización de residuos con potencial de aprovechamiento.

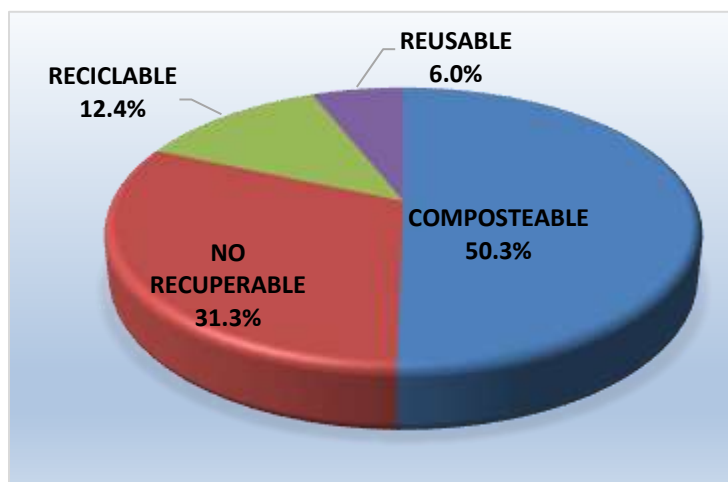


Figura 12. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Iniciativa de residuos sólidos municipales de la coalición del clima y aire limpio. (2017). *Caracterización de residuos con potencial de aprovechamiento.* (Grafica). Estudio de Caracterización de Residuos: Estación de Transferencia de Naucalpan, México (Anexo 6).

La siguiente grafica muestra los valores de las medias globales de manera general, así como de las colonias populares y residenciales, resaltando el porcentaje de 17.5 de residuos de jardín provenientes de las colonias residenciales con respecto al 5.5% de las colonias populares, resaltando también, en la categoría de otros orgánicos (algodón, hueso, hule, ropa, textiles y cuero) con un 9.1% proveniente de las colonias populares y el 3.5% de las colonias residenciales. Cabe mencionar que, las demás categorías tienen un comportamiento homogéneo en los porcentajes caracterizados.

Comparativo de los resultados de la caracterización de los residuos Sólidos urbanos en Naucalpan de Juárez.

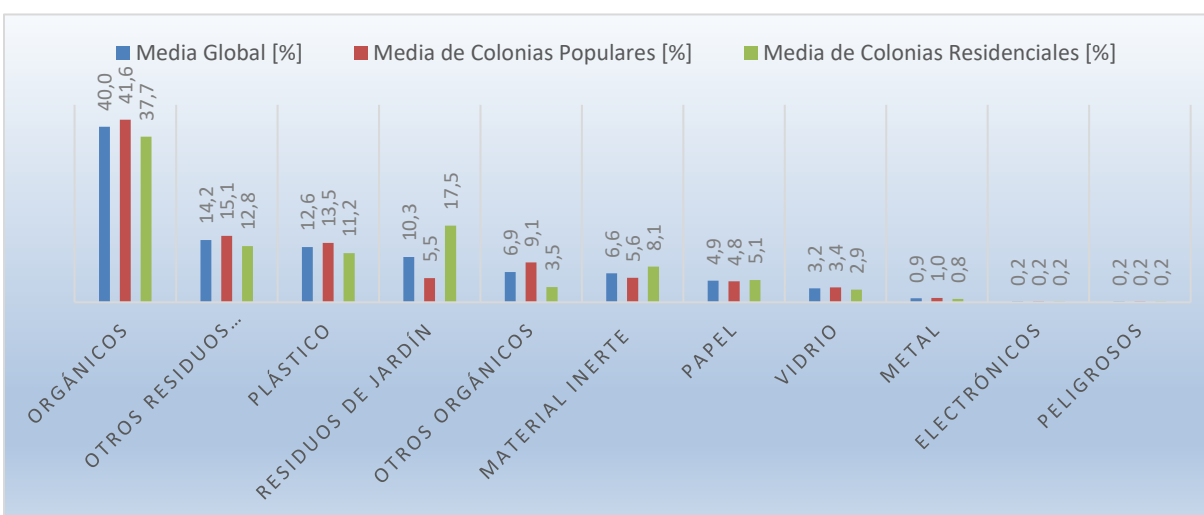


Figura 13. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Iniciativa de residuos sólidos municipales de la coalición del clima y aire limpio. (2017). *Comparativo de los resultados de la caracterización de los residuos Sólidos urbanos en Naucalpan de Juárez.* (Grafica). Estudio de Caracterización de Residuos: Estación de Transferencia de Naucalpan, México (Anexo 6).

6.3. Servicio de Recolección de RSU y Limpia en Naucalpan de Juárez.

La prestación del servicio de recolección y limpia en el municipio, es realizado por la Dirección General de Servicios Públicos, la cual, es la encargada de realizar la recolección domiciliaria de los residuos sólidos urbanos, así como, en los establecimientos comerciales y de servicios de conformidad con las tarifas establecidas en el Código Financiero del Estado de México y Municipios, el mantenimiento de vialidades, alumbrado público, conservación y mantenimiento de parques y jardines. La Dirección General de Servicios Públicos tiene a su cargo la operatividad del Relleno Sanitario o la concesión del mismo, sin embargo, en la actualidad el municipio no cuenta con este servicio. Ya que a la fecha se tiene una estación de transferencia.

La Subdirección de Unidades Administrativas (perteneciente a la Dirección General de Servicios Públicos), tiene a su cargo a las Delegaciones que son las encargadas de coordinar, vigilar y garantizar la prestación del servicio de recolección domiciliaria de los residuos sólidos urbanos, así como, de los establecimientos comerciales y de servicios siempre y cuando cuenten con el Manifiesto y Convenio de Recolección, así como el pago de derechos. A continuación, se ilustra el manejo actual de los residuos sólidos urbanos que se realiza en el municipio.

Diagrama de Flujo del Servicio de Recolección en Naucalpan.

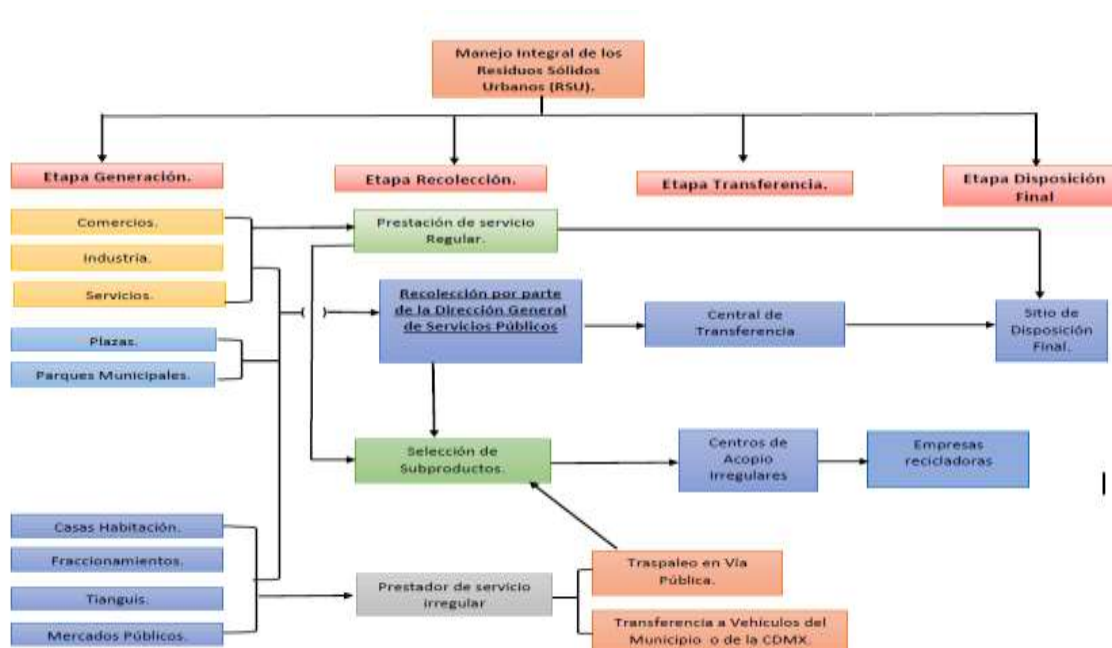


Figura 14. Rodríguez (2017), *Diagrama de Flujo del Servicio de Recolección en Naucalpan* (Diagrama) elaboración propia.

6.4. Barrido Manual.

El barrido manual se concentra en zonas urbanas del centro y residencial- comercial, esta actividad cuenta con dos turnos de servicio, laborando 6 días a la semana. El personal está compuesto por 175 hombres y 85 mujeres, los cuales cuentan con 260 escobas y 260 carritos para prestar el servicio, el sueldo por persona es de \$5,000.00 mensuales.

6.5. Barrido Mecánico.

El barrido mecánico es realizado con barredoras mecánicas operadas por personal de limpia del municipio, con el uso de este tipo de equipos brindan un mejor servicio a la ciudadanía con mayor control y cobertura, así como, disminuir los riesgos de los trabajadores, evitando accidentes automovilísticos.

El barrido mecánico cuenta con dos turnos de servicio, laborando tres unidades de barrido, las cuales son utilizadas por tres operadores y un supervisor, alcanzando una longitud de vías recorridas de 70km/día con un consumo de combustible de 1km/L.

6.6. Infraestructura para el Manejo de los Residuos.

La recolección de los Residuos Sólidos Urbanos es realizada por las brigadas de Recolección, que es efectuada por el Departamento Municipal de Limpia y concesionarios para tal servicio, los cuales reciben los residuos en unidades recolectoras.

El servicio de recolección cuenta con un turno de servicio al día, laborando 6 días a la semana con una frecuencia de recolección de 5 días por semana. El personal que labora en la prestación de este servicio lo componen 190 chóferes y 690 trabajadores en la recolección, misma que se realiza en 206 rutas. La recolección se realiza de diferentes formas: de puerta a puerta, en acera,

por entrega directa a los camiones por los generadores y en depósito en contenedores descentralizados.

6.7. Vehículos recolectores.

De acuerdo con los datos proporcionados por la Dirección General de Servicios Públicos, el municipio cuenta con 190 vehículos para la recolección de residuos sólidos urbanos, 157 son vehículos compactadores, 23 de volteo y 10 de otro tipo no especificado, todos estos tienen una capacidad de recolección de $6,540.67\text{m}^3/\text{d}$, puesto que 52 de los vehículos recolectores cubren dos turnos de servicio.

6.8. Rutas de Recolección

Estas se han desarrollado con el tiempo de acuerdo a las necesidades de la población y la disposición de unidades, sin que exista una planeación para su mejor desempeño, a la fecha se tienen rutas que pasan por el mismo punto al día más de dos veces, principalmente en zonas comerciales, recolectando cantidades muy pequeñas (de 1 a 2 kgs.) por vivienda. Y si a esto le sumamos que se detienen por periodos muy largos para separar y acomodar en barcinas con el motor encendido. También son desaprovechadas las unidades porque trabajan un solo turno al día la mayoría de ellas, quedándose guardadas en sus bases, por acuerdos con el sindicato.

Como conclusiones del capítulo, se describe la condición actual del sistema de gestión de residuos urbanos, claramente se observan las deficiencias con la que opera, el tener claro la forma de trabajar, nos da problemática a resolver, así como los cambios sociales a los que hay que enfrentarse.

Capítulo 7. Programas a desarrollar en la ejecución de la gestión.

En este capítulo se desarrollaran las acciones específicas para la gestión de los residuos sólidos urbanos, tomando en cuenta los criterios social, económico, técnico y ambiental, siempre tomando en cuenta el cumplimiento de la normatividad existente, siendo válida la propuesta de las seis erres: responsabilizarse, reconsiderar, reducir, reemplazar, reutilizar y reciclar. Con respecto a los aspecto técnico, económico y ambiental se proponen varios elementos para ejecutar la estrategia según sea el caso: minimización general (tecnologías limpias, productos ecológicos), reducción, reciclado, recuperación, incineración (sin producción de energía, con producción de energía), generación de nuevos productos (composta, fertilizantes orgánicos, etc.), gasificación, relleno sanitario y anticontaminación (Seoáñez, 2000, pp. 18-19).

Este Plan de Gestión integral de los Residuos pretende llevar a cabo acciones eficiente y eficaces, que cambien los hábitos de la sociedad y las políticas públicas con respecto a todos los materiales que utilizamos y después desechamos, e interesarnos hacia donde terminan sin afectar el medio ambiente y la salud, utilizando y adaptando la tecnología existente en el mundo para su aprovechamiento y obtención de recursos que beneficien a la sociedad. Las acciones a desarrollar van desde la separación de origen hasta el reintegrar los materiales a un ciclo económico o llevarlos a plantas de tratamiento que generen un beneficio, llegando a disponer en un relleno sanitario lo menos posible.

En este capítulo se presenta todas las acciones que en lo individual tiene un grado de complejidad, por lo que tendrán que irse desarrollando con sumo cuidado y tomando todos los factores que hemos planteado desde el principio en este Plan y que serán seguramente temas de más tesis. Como lo hemos comentado ya iniciamos con los estudios y factibilidades, ahora

plantearemos de donde obtendremos los recursos para el desarrollo de estos, del proyecto y la ejecución del mismo.

7.1. Estrategia de Financiamiento.

En un principio hemos obtenido el financiamiento para la realización de la pre factibilidad y los estudios que hasta ahora hemos desarrollado de las agencias de cooperación internacionales como la US-EPA y la GIZ, que nos ha permitido integrar el soporte y el respaldo de las mismas, para presentarnos con Instituciones como Banobras para buscar recursos para realizar las factibilidades y estudios complementarios para el desarrollo del proyecto y la ejecución contemplados en este documento, una de la alternativas es a través del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) y la inversión del sector privado por medio de una Asociación Público Privado (APP), entre las reglas que rigen su operación se encuentra la subvención a entidades del sector público para apoyar la rentabilidad de los proyectos de infraestructura y fomentar su realización. Así como, fortalecer la infraestructura de los municipios para una adecuada prestación de servicios públicos. Uno de los sectores que este fondo apoya con inversión es Medio Ambiente en materia de Residuos, debido a la creciente problemática que genera altos costos para su manejo desde la recolección hasta su disposición final.

También se buscará el respaldo del Gobierno del Estado como lo indica su normatividad para este proyecto, el Código para la Biodiversidad del Estado de México en el Libro Cuarto capítulo VII, artículo 2.228, establece que “El Ejecutivo Estatal a través de la Secretaría, promoverá con los sectores social, privado, público y con el Consejo Consultivo de Protección a la Biodiversidad y Desarrollo Sostenible, la constitución del Fondo para Proyectos Ambientales que estará destinado a impulsar, apoyar los proyectos medioambientales que sean sometidos a su

consideración y que por su vinculación con las estrategias estatales de desarrollo sostenible resulten seleccionados”. Por lo que, los proyectos contemplados en este plan deberán ser promovidos ante la Secretaría para la obtención de recursos económicos para su ejecución”.

7.2. Programa de difusión del Plan.

Este programa está dirigido a la población en general para la minimización de la disposición de residuos al proponer opciones para el reusó, reciclaje y valorización de los residuos con potencial reusable, reciclable y valorizable, para obtener beneficios ambientales al implementar en el municipio la reducción, el reusó y el reciclaje de residuos sólidos urbanos, en campañas de difusión permanente, así como el acercamiento con la ciudadanía con la impartición de pláticas y talleres en escuelas o en espacios públicos dirigidos a la ciudadanía.

Para la ejecución de este programa será necesario la vinculación con las dependencias del ayuntamiento como son: Comunicación social de Naucalpan, el Instituto de cultura, Escuelas primarias y media superior, así como la Dirección General de Medio Ambiente.

El programa considera las siguientes actividades:

- El repartir de folletos en los domicilios del municipio, lonas en avenidas principales: Deberán indicar los días de recolección por zona, así como los tipos de residuos a recolectar, deberán ser colocados en instalaciones gubernamentales, educativas y en vialidades concurridas, comercios y todos aquellos sitios donde se reúnan los ciudadanos.
- Pláticas y talleres en Escuelas Primarias y Secundarias con contenidos relacionados a los beneficios ambientales para realizar la separación de origen de los residuos sólidos urbanos en tres fracciones.

- Difusión de esta estrategia mediante medios de comunicación a la ciudadanía por radio, spots televisivos, así como recorridos de puerta en puerta en casas habitación acerca de la información sobre las prácticas de separación de los residuos en las casas habitación.
- Puesta en marcha de manera formal del Plan para el Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.

Este programa comunicara a la población, realice un consumo sustentable con la finalidad de minimizar los residuos generados, el consumo de productos con el mínimo contenido de empaques y embalajes, así como promoción del uso de productos biodegradables; minimizar el desperdicio de productos perecederos y promover las compras responsables de productos o equipos que tengan una mayor y mejor vida útil dependiendo de las necesidades de los consumidores.

Así mismo, deberá contar con la participación de los centros comerciales ubicados en Naucalpan para que promocionen entre sus clientes un consumo sustentable. Sumando a los empresarios de comercios, servicios e industria a que se sumen a este Plan de gestión integral.

Para esta acción de difusión se está realizando un estudio en la Dirección General de Medio Ambiente de la composición detallada de los residuos, con la finalidad de elaborar un catálogo de los materiales que desechamos y poder tener un documento de consulta para la clasificación de los mismo, ya sea orgánico, reciclable-comercializable u otros no comercializables.

7.3. Programa de separación de origen.

El sistema de separación implantado en los países desarrollados, consiste en depositar en contenedores próximos a la propiedad del usuario o al exterior de mismo, y este se realiza en diferentes bolsas o contenedores dependiendo del sistema de recolección que implemente el gobierno local. De acuerdo a los diferentes componentes de los residuos debidamente señalizados

y situados estratégicamente como el vidrio, latas o papel y el cartón, en domicilios se llega incluso a cuatro bolsas diferentes para papel y cartón, vidrio, latas y material orgánico (Seoáñez, 1999, p.82).

La separación de los residuos desde la fuente es la mejor opción para la reducción de la generación y posterior reutilización o reciclaje de los residuos, sin embargo, actualmente no se realiza ésta práctica en las casas habitación, a pesar de lo estipulado en libro Cuarto del Código para la Biodiversidad del Estado de México en el artículo 4.43 , esto conlleva a distintas problemáticas ambientales, puesto que es cada vez es más difícil contar con sitios adecuados para su disposición, además de la pérdida de valor económico de los residuos sólidos reciclables que pueden reintegrarse a los procesos económicos y al aumento de la problemática ambiental por el inadecuado manejo e inadecuada disposición de los residuos sólidos urbanos.

Por lo anterior, es necesario implementar entre la población la separación de origen en los domicilios en tres fracciones: residuos reciclables comercializables, residuos no comercializables y residuos orgánicos. Para el sector de servicios, comercios e industria, también tendrán que cumplir lo estipulado en la norma, que es la separación de origen en una clasificación más detallada de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial como son orgánicos, papel, cartón, vidrio, metales, plásticos comercializables tetrapak, madera y no comercializables.

La clasificación de los residuos desde la fuente deberá realizarse de la siguiente manera:

Los residuos reciclables son: periódicos/impresos, cartón corrugado, papel reciclable, papel blanco, contenedores encerados, botellas y contenedores de plástico, material ferroso, residuos de metal, vidrio transparente, vidrio de color, electrónicos y textiles.

Los residuos no recuperables son: película de plástico, poliestireno, pañales desechables, residuos finos, algodón, hueso, cuero, hule, madera, cerámica, materiales de construcción, otros plásticos rígidos y otros residuos municipales.

Residuos orgánicos como: papel composteable, residuos de alimentos, fibra dura vegetal y residuos de jardinería.

La vinculación y coordinación con otras Direcciones del Gobierno Municipal, para la puesta en marcha de este programa, como la de Comunicación Social, de la Dirección General de Servicios Públicos, Dirección de Gobierno, Dirección de Vinculación Ciudadana, Dirección de Educación y la Dirección General de Medio Ambiente, la colaboración de estas dependencias garantizará el éxito la implementación de las acciones antes mencionadas.

7.4. Programa de recolección y transportación.

La recolección debe hacerse reduciendo al mínimo las molestias a la población y al medio ambiente, esto se refiere que debe realizarse en bolsas que no se derramen el contenido, o contenedores con mantenimientos y sistemas de limpieza apropiados. También se tiene que realizar en condiciones de higiene, seguridad y comodidad para los trabajadores del sistema de recolección, para la ciudadanía que utiliza el servicio y aquellos que les crea molestias por el paso del transporte del sistema de recolección, adicionalmente se tiene que buscar un equilibrio entre el número de veces con que tiene que pasar a recolectar a un usuario y el tiempo máximo que deben estar los residuos en la propiedad de ese usuario (Seoáñez, 1999, p.82).

Una de las causas por las que el manejo de los residuos es ineficiente en nuestro municipio es la recolección que se efectúa de manera poco eficiente, debido a que los vehículos recolectores realizan la separación de los materiales con potencial económico durante la recolección lo que

ocasiona pérdida de tiempo y una mayor mezcla de los residuos sólidos. A la vez, el municipio requiere de infraestructura adecuada para el manejo de residuos, así como la implementación de tecnologías limpias para tal fin, y de esta manera garantizar el desarrollo sostenible en el municipio.

En la actualidad es necesario adoptar tecnologías limpias que sean amigables con el ambiente, debido a que, cada día la problemática ambiental generada por los residuos sólidos es mayor, lo cual es reflejado en el deterioro de la calidad natural de nuestro entorno.

La frecuencia de recolección que deberá efectuarse por días diferenciados por cada tipo de fracción y por colonia o fraccionamiento, de tal manera que en solo tres días a la semana alternados se recolecte por cada domicilio, un día para la materia orgánica, otro para los valorizables y uno más para los no valorizables, garantizando el suministro diario de la fracción orgánica a biodigestor, y material reciclable para su separación y clasificación en los centros de acopio.

Este programa plantea dos opciones, se enuncian a continuación:

OPCIÓN 1

- Reestructuración y optimización del sistema de recolección del municipio.

Es necesario mejorar los tiempos y movimientos en la recolección de los residuos sólidos urbanos y transporte de los mismos para hacer eficiente el servicio, a la vez garantizar la cobertura en menor tiempo. Por lo que, deberá realizar una reestructuración de las rutas de recolección a fin de obtener mayor eficiencia y eficacia en la recolección de residuos sólidos urbanos.

Para la optimización del servicio deberán colocarse dispositivos de rastreo GPS, lo cual garantizará que las rutas de recolección sean ejecutadas de acuerdo con los tiempos establecidos y de esta manera evitar desviaciones en la ruta de recolección.

- Reemplazo del parque vehicular del servicio de recolección que sea mayor a 10 años en operación, debido a la obsolescencia que pueden presentar. Para esto, es necesario realizar un diagnóstico de los vehículos recolectores en el municipio donde se verifique el estatus que guardan todos los vehículos, como modelo, marca, eficiencia de operación, kilometraje recorrido y número de mantenimientos.

Es importante también gestionar los recursos económicos para la compra de vehículos para la recolección de los residuos sólidos urbanos,

- Mantenimiento preventivo del parque vehicular del servicio de recolección.

Es necesario establecer mantenimientos preventivos para el parque vehicular con la finalidad de prevenir tiempos muertos debido a la falta de funcionamiento de los mismos, así mismo se evita la petición de donativos o propinas a la ciudadanía.

OPCIÓN 2

- Concesión del servicio de recolección.

La concesión del servicio de recolección, deberá considerarse a partir de un análisis costo beneficio por parte de las Direcciones municipales involucradas debido a que gran parte de la infraestructura para la operación de este servicio presenta una obsolescencia tecnológica, así mismo, resalta la pérdida de tiempo para la operación por parte de los trabajadores del servicio de recolección, debido a la selección de residuos con potencial valorizable y su posterior venta en centros de acopio alejados de la ruta de recolección, lo cual ha generado que el servicio de recolección sea ineficiente en la actualidad, por lo que, han surgido diversos grupos particulares que prestan también el servicio de recolección de manera irregular (83 prestadores de servicio con 153 vehículos recolectores) en las colonias del municipio.

Esta acción considera la privatización del servicio de recolección, dirigido principalmente a mejorar la eficiencia del mismo hacia la ciudadanía y deberá estar interrelacionada con las demás acciones presentadas en este programa. La licitación deberá incluir: las bases administrativas, la propuesta técnica, propuesta económica, las generalidades del contrato de concesión, garantía de cumplimiento, así como las reglas del proceso de selección, entre otras.

Así como, invitar a empresas para que concursen en la licitación, evaluar las propuestas ingresadas al proceso de licitación y finalmente asignar la adjudicación del contrato a la empresa seleccionada.

En ambos casos, se considera el eliminar la selección o separación de los materiales en las rutas de recolección, estas se tendrán que realizar en plantas de tratamiento y aprovechamiento o en los centros de separación especializadas, para garantizar el aprovechamiento máximo de los materiales.

También es importante en este planteamiento el ser incluyentes, integrando a los ciudadanos que vive de la comercialización de los residuos, que en su mayoría son de las clases sociales más vulnerables, es por ello que en primer instancia es dignificar la actividad que realizan, siendo esta de gran importancia para el medio ambiente y la economía de un país, y aquí podemos ver el beneficio social del Plan. Si bien es responsabilidad del municipio la recolección, incluyendo los reciclables, se presenta como una estrategia el regular y otorgar la concesión a los recolectores voluntarios de estos residuos, de manera directa en los domicilios y de acuerdo a los estudios realizados otorgar zonas específicas de recolección, que garanticen un mejor servicio a la ciudadanía y con la comercialización de los productos en centros especializados administrados por asociaciones civiles o cooperativas puedan obtener un importe mayor del mercado, dando como

resultado una mejor calidad de vida. Disminuyendo un costo aproximado del 25%, en el costo de recolección y transportación al municipio.

7.5. Programa de comercialización de reciclados.

De acuerdo con Careaga (1993), los gobiernos municipales pueden obtener beneficios con la industria recicladora puesto que representarán una opción para la reducción de costos en la disposición final de los residuos sólidos urbanos, así como la generación de empleos en el sector industrial, manufactura de procesamiento y transporte. Por lo que, el desarrollo del mercado de los residuos comercializables para el reciclaje es de gran importancia para evitar que la ciudadanía se ahogue en sus propios desechos, y mitigar la problemática ambiental ocasionada por tal situación.

De acuerdo con Góngora (2014), *“las entidades federativas que más contribuyen a la generación de residuos sólidos son aquellas con mayor concentración de población, como el Estado de México y la Ciudad de México, que en 2012 generaron 16.2% y 11.8% del total nacional de los residuos, respectivamente”*, por lo que el municipio de Naucalpan de Juárez se encuentra dentro de una región con gran actividad de reciclaje de residuos valorizables. Por lo anterior, es necesario tomar en cuenta el estudio de caracterización en la estación de transferencia de residuos en Naucalpan de Juárez realizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, el 21.5% de la generación de residuos son reciclables comercializables destacando papel con 4.9%, plástico con 12.6%, metal con 0.8% y vidrio 3.2%. Sin embargo, es de considerar que esta caracterización se realizó en la central de transferencia donde la muestra tomada provino de vehículos recolectores, en los cuales se realizó una selección de residuos comercializables, por lo que el porcentaje estimado en el estudio debe ser mayor, medido desde la fuente.

Los centros de acopio son instalaciones o espacios donde se acondicionan y almacenan de forma separada y temporal los materiales reciclables. En el municipio existen aproximadamente 62

centros de acopio en el territorio municipal (Anexo 7), que se distribuyen principalmente en la zona conocida como Rincón Verde (27 centros), Chimalpa (7 centros), San Mateo (4 centros), El Torito (8 centros), San Luis Tlatilco (8 centros), 10 de Abril (1 centro) y la Ahuizotla (7 centros).

Se encuentran en zonas irregulares pero urbanizadas, cuentan con piso firme de cemento, barda perimetral, techo laminado y en algunos casos tienen equipo de trituración y báscula para el pesaje de residuos. Para el caso de los centros de acopio que se encuentran en zonas ejidales, estos no cuentan con piso firme, en algunos casos el techo es de lona y las bardas son improvisadas con plásticos duros o madera, en estos sitios se ha observado que se realiza un inadecuado manejo de los residuos valorizables puesto que los materiales son dispersados en los alrededores demeritando el paisaje circundante y en muchos casos la ciudadanía los percibe como basureros, lo cual genera una opinión inadecuada y rechazo para este tipo de comercios.

La norma aplicable para los centros de acopio en el Estado de México es la NTEA-010-SMA-RS-2008, la cual establece una serie de especificaciones operativas en el Estado de México, dependiendo de la superficie que presenten estos se clasifican por tipos. La norma establece que, todos los centros de acopio deberán presentar el informe previo o la Manifestación de Impacto Ambiental, así mismo deberán obtener las autorizaciones y registros conforme a la legislación y reglamentación ambiental en el Estado de México, requisitos que en la actualidad no son cumplidos en la gran mayoría de los casos.

Por lo anterior, este programa tiene como objetivo minimizar la disposición de residuos comercializables para su posterior reciclaje. Para ello es necesario, que el gobierno municipal establezca estrategias de vinculación con la industria recicladora, considerando lo siguiente:

7.5.1. Programa de Centros de Acopio.

En el municipio operan un gran número de centros de acopio de manera irregular, por lo que será necesario coadyuvar en la gestión para la regularización y verificación de la operatividad de estos, de acuerdo con la normatividad y regulación aplicable, mediante el acercamiento de la autoridad competente para el trámite de la licencia ambiental municipal.

La adquisición de la licencia ambiental para los centros de acopio proporcionará al municipio, información relevante para el registro y monitoreo de los centros de acopio, para verificar el manejo de los residuos con potencial valorizable, con la finalidad de realizar las gestiones necesarias para que paulatinamente se puedan obtener mejores oportunidades comerciales para este tipo de residuos. Así mismo los centros de acopio serán beneficiados al operar con lineamientos normativos y regulatorios, lo que garantizará una mejor calidad en los residuos comercializables para su venta a mejor precio, así como posibles incentivos económicos o vinculación con la industria del reciclaje al operar bajo lineamientos normativos en la materia, lo que se verá reflejado en una mejora en las condiciones operativas, paisajísticas urbanas y rurales de la zona donde se encuentren establecidos, así como una mejora en el medio ambiente en general.

Así mismo, será de gran relevancia promover centros especializados de acopio donde los residuos comercializables sean acopiados, mediante la asesoría del municipio y administrados por asociaciones civiles o cooperativas que garanticen a los recolectores voluntarios ser parte de estas organizaciones y obtengan el mejor precio del mercado. Este centro de acopio deberá cumplir con las disposiciones normativas y reglamentarias de la política ambiental, así como establecer precios competitivos del mercado del reciclaje garantizando la sustentabilidad de este establecimiento. Paralelamente, se deberá establecer una vinculación directa con la industria de la transformación

cercana al municipio para mitigar costos de transporte y garantizando volúmenes de residuos comercializables que sean viables para comercializar a precios justos.

7.5.2. Comercialización de los materiales reciclables.

En el municipio de Naucalpan promoverá la actividad del reciclaje como el eje principal del Plan, algunos de los residuos que generalmente se comercializan en la actualidad en el municipio se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4

Precios de subproductos derivados de RSU en Naucalpan.

Subproducto.		Precio en pesos por Kg.	
		Compra.	Tiempo de Almacenamiento.
Plásticos.	PET Transparente.	\$4.5	34 Días.
	PET Color.	\$2.5	34 Días.
	HDPE Blanco.	No proporcionó	34 Días.
	HDPE Color.	\$3.0	34 Días.
	PVC.	Desconocido	34 Días.
	HDPE (color)	\$3.5	14 días
	PP	\$3.5	14 días
Cartón.	Cartón.	\$2.0	5-7 Días.
Papel	Papel Blanco	\$3.2	No proporcionó
Otros.	Madera.	No proporcionó	Solo Almacenamiento en Bodega.
Metales.	Perfil de Aluminio.	\$17.0	5-7 Días.

Subproducto.	Precio en pesos por Kg.	
	Compra.	Tiempo de Almacenamiento.
Aluminio Lata.	\$4.0	5-7 Días.
Antimonio.	\$1.5	30 Días.
Radiadores.	\$1.0	1 mes.
Bronce.	\$70.0	5-7 Días.
Hojalata Bote.	\$1.3	20 Días.
Acero Galvanizado.	\$2.0	30 Días
Chatarra/Fierro.	\$3.5	5-7 Días.

Fuente: H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez (2018) *Precios de subproductos derivados de RSU en Naucalpan*, elaboración propia.

Nota: Los precios fluctúan dependiendo la demanda del mercado.

Sin embargo, es necesario establecer estrategias de colaboración con las empresas recicladoras para la comercialización desde el acopio y entrega por volumen, lo que garantizará mejores precios y reducir costos de transportación. También se establece como estrategia el buscar tecnologías para incluir en este rubro más residuos que actualmente no se comercializan, así como empresas se establezcan en el territorio municipal y utilicen estas tecnologías.

Es necesaria la construcción de un centro de acopio municipal como un punto adicional, que cumpla con lo establecido en la NOM-010-SMA-RS-2008, el cual deberá ser de tipo C (600m² a 2000 m²), que se ubique dentro de las instalaciones de la planta de Separación. Con la puesta en marcha de este centro de acopio municipal, los residuos comercializables que sean separados desde el origen como opción y en la estación de separación serán enviados a la industria recicladora. De los recursos económicos obtenidos por la comercialización de este tipo de residuos, deberán ser

canalizados al mejoramiento del servicio de recolección de residuos, así como, en estímulos económicos para los trabajadores municipales que prestan el servicio, esta acción tiene la finalidad de eliminar la pepena en los camiones recolectores y de esta manera mejorar el servicio de recolección.

7.6. Programa de la estación de transferencia.

Las estaciones de transferencia son de gran relevancia económica cuando los sitios de disposición se encuentran alejados de los centros de población, condición cada vez más frecuente en la zona metropolitana del país. Las estaciones de transferencia de acuerdo con Tchobanoglous (1994, p.371) son *utilizadas para transferir residuos sólidos desde los vehículos de recogida y otros tipos de vehículos pequeños a equipos de transporte y se pueden clasificar en tres tipos de carga directa, de almacenamiento y carga; combinadas carga directa y descarga carga*. Actualmente, se tiene una estación de transferencia temporal de los residuos en Naucalpan de Juárez, ubicada en el kilómetro 13.5 de la carretera libre Toluca- Naucalpan. El método de operación de la estación de transferencia es de carga directa, la cual, consiste en descargar los residuos de manera directa de los vehículos de recolección al vehículo transportador hacia la disposición final o bien en algunas ocasiones los residuos son descargados en un frente de trabajo donde se realiza la descarga de los residuos y es utilizado otro vehículo el cual empuja los residuos a las góndolas transportadoras y posteriormente son llevados al relleno sanitario de Tepetzotlán.

La central de transferencia cuenta con una báscula para pesar los vehículos recolectores, una cisterna para captación de lixiviados, patio de maniobras y plancha de carga de los vehículos de transferencia, sanitarios portátiles, casetas móviles para oficinas administrativas y barda perimetral para evitar la dispersión de materiales ligeros.

Para el planteamiento de este Plan, se tendrá que realizar varios estudios, entre ellos el de costo beneficio, para establecer una o varias estaciones de transferencia definitivas, de acuerdo a la distancia de recolección y planta de aprovechamiento.

Esta Estación deberá sujetarse a la NTEA-010-SMA-RS-2008 que establece las condiciones mínimas con las que deberá contar una estación de transferencia, así como sus correspondientes áreas de operación, se enuncian a continuación:

- Ubicarse a una distancia mínima de 300 m de escuelas, mercados públicos, hospitales, iglesias y terminales de transporte público.
- Ubicarse en vialidades con un ancho mínimo de 14 m., que permita el ingreso y salida de los vehículos sin entorpecer el tránsito vehicular.
- Contar con barda perimetral, control de acceso, rampa, área de descarga (superior), tolva o ranura para la descarga, techumbre en tolva o ranura, área de carga (inferior) y trampas de sólidos en las descargas de aguas residuales.
- La descarga de los residuos de los vehículos recolectores a los vehículos de mayor capacidad debe realizarse por gravedad. Queda prohibido la descarga al piso.
- La pendiente de las rampas no deberá exceder de 8% (4.5°), se podrán diseñar rampas independientes de entrada y salida o con doble circulación, siempre y cuando estén separados con un murete de concreto armado de 0.70m. Cada carril tendrá un ancho mínimo de 4 m.
- Las estaciones de transferencia deberán contar con depósitos para el almacenamiento de agua para ser utilizada en la limpieza de pisos y vehículos.

- Las zonas de descarga de residuos en las estaciones de transferencia, deberán contar con piso que no permita la infiltración de líquidos al subsuelo, estar cerradas y contener cortinillas de tiras de plástico en la parte frontal para reducir la diseminación de polvos. Además, deberán contar con sistemas de aspersión y de depuración de polvos sobre el perímetro de las tolvas o ranuras.
- La zona de descarga contará con techumbre que cubra la tolva o ranura y el vehículo recolector al momento de la descarga. La altura de techumbre será como mínimo de 6 m y cada carril de descarga deberá tener un ancho mínimo de 3 m.
- La tolva o ranura deberá contar con un tope para impedir que los vehículos recolectores caigan en ella al aproximarse para la descarga.

El tope podrá ser de concreto armado concreto armado con placa de 1 1/2” en los costados longitudinales o de otros materiales anclados sólidamente al piso, de tal manera que aseguren la resistencia necesaria para detener el retroceso de los vehículos recolectores. Su altura no deberá exceder 0.25 m para evitar el roce con la carrocería de los vehículos y con un ancho no mayor de 25 m.

- Las paredes de la tolva o ranura deberán favorecer el deslizamiento de los residuos, por lo que se recomienda una inclinación de 45° con respecto a la horizontal; estas deberán tener la resistencia necesaria para evitar deformaciones por descargas puntuales de 5 t. Para permitir la descarga libre de los vehículos recolectores con las puertas abiertas o la tolva trasera elevada dentro de la tolva o ranura, se recomienda un espacio entre el tope y la pared posterior de 4.30m.

- El diseño de la tolva deberá considerar que el espacio entre la parte baja de la tolva o ranura y la caja de la transferencia no exceda 0.25 m, con el fin de disminuir la dispersión de residuos durante la descarga.
- El ruido producido por la operación de las Estaciones de transferencia, deberá cumplir con los límites máximos permisibles del nivel sonoro señalados en la NOM-081-SEMARNAT-1994 y, en su caso, las disposiciones que establezca la norma técnica correspondiente.
- Los residuos depositados por los vehículos recolectores no deberán permanecer almacenados en las Estaciones de Transferencia por más de 24 horas después de su ingreso.
- Deberán tener un programa para el control de fauna nociva como insectos y roedores, registrando en la bitácora de operación: las fechas de fumigación, áreas atendidas y productos o dispositivos utilizados.

Así mismo, la estación de transferencia deberá estar sujeta a supervisión por parte de la Dirección General de Medio Ambiente, para verificar su correcta operación, así como acatar las recomendaciones derivadas de la supervisión estableciendo periodos de cumplimiento.

7.7. Planta de aprovechamiento y de disposición final.

7.7.1. Estación de descarga de residuos orgánicos.

Con la implementación del programa de separación en el municipio, la recolección de los residuos sólidos orgánicos de origen domiciliario, será enviada a la Estación de Descarga de residuos orgánicos donde posteriormente se conducirán al biodigestor. Por lo que, esta estación deberá estar contemplada en los planos de diseño del biodigestor para recibir 593 t/d de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos, cantidad que actualmente recibe la central de transferencia de

Naucalpan. Tomando en cuenta en el diseño, el ser un lugar cerrado, contar con bascula, con equipos de pretratamiento y manejo de lixiviados, entre otros equipos.

7.7.2. Estación de descarga de residuos no comercializables.

En la estación de descarga de residuos inorgánicos no comercializables en una primer etapa, se recibirán los residuos no comercializables como son cerámicos, trapo, plásticos no reciclables, madera, pañal desechable, papel sanitario, hule, cuero, algodón, entre otros, los cuales deberán ser llevados a un tratamiento (térmico) para su minimización y su posterior disposición en rellenos sanitarios autorizados.

Posteriormente se va a realizar una caracterización de los materiales resultantes en esta fracción y estudios de estos para su aprovechamiento como ejemplo su poder calorífico y generar energía eléctrica o térmica, con el fin de enviar a rellenos sanitarios el menor residuo posible.

7.7.3. Planta de separación automática.

De acuerdo con la NTEA-010-SMA-RS-2008, las plantas de separación pueden ubicarse en predios localizados fuera de la zona urbana y sus límites a una distancia mínima de 500 m de la población. Dentro de la traza urbana sólo pueden ubicarse en zonas o parques industriales, y deben contar con las siguientes áreas y equipamiento: barda perimetral, control de acceso, patio o zona de descarga, fosa o tolva de alimentación, sistema de alimentación de residuos a las bandas de separación; estación o dispositivo para el control de los residuos alimentados a las bandas y para el retiro voluminoso y apertura de las bolsas; dispositivo para la separación de residuos orgánicos por tamaño de partícula; bandas de separación; contenedores para la recolección y traslado de los subproductos; montacargas o equipos similares; pasillos o áreas laterales a las bandas para la separación manual de subproductos; salida del rechazo; zona de acondicionamiento y almacenaje

del producto; trampas de sólidos en las descargas de aguas residuales; zona de carga de subproductos; sistema de ventilación con filtros para atrapar partículas suspendidas y sistema de control de incendios.

Las instalaciones de la planta de separación deberán estar techadas y contar con piso que impida la infiltración de líquidos al subsuelo. Así mismo, podrá instalarse cualquier tipo de dispositivos automáticos para la separación de materiales, utilizando colorimetría, densidad, tamaño de partícula, entre otros.

La planta de separación deberá contar con depósitos para el almacenamiento de agua para ser utilizada en la limpieza de pisos y vehículos.

El ruido producido por la operación de las Estaciones de transferencia, deberá cumplir con los límites máximos permisibles del nivel sonoro señalados en la NOM-081-SEMARNAT-1994 y, en su caso, las disposiciones que establezca la norma técnica correspondiente.

Los procesos de separación y acondicionamiento de los subproductos deberán apearse a lo establecido en el punto 5.1.7 de la norma referente a la integración del estudio de impacto ambiental que determine la autoridad competente, en este caso la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México.

También la planta de separación deberá tener un programa para el control de fauna nociva como insectos y roedores, registrando en la bitácora de operación: las fechas de fumigación, áreas atendidas y productos o dispositivos utilizados.

7.7.4. Biodigestor.

Un biodigestor es un sistema donde se realiza la digestión anaerobia para degradar los residuos orgánicos y producir biogás mediante un proceso microbiano (Guevara Antonio, 1996, p. 22). La digestión anaerobia es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato (residuos orgánicos) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores (H_2O_2) (FAO, 2011, p.14).

En julio de 2016, se realizó un “Diagnóstico de Pre Factibilidad de Recuperación de Metano mediante el Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos del Municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México”, como una tecnología viable de ser utilizada, misma que actualmente se encuentra en estudio (Anexo 3) que fue elaborado por la Iniciativa Global de Metano, en este se describe la metodología para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), muestra el proceso de tratamiento de los residuos, desde la entrada de recepción a la planta de separación, una vez separados los residuos en dos fracciones, la FORSU es enviada a un proceso de trituración y la mezcla resultante es acondicionada para enviar al biodigestor. En este reactor se generará biogás, el cual será conducido a una membrana de captura (biodigestor), a partir de este se generará digestato que será enviado a una segunda membrana de captura, a partir de este último proceso de digestión el biogás generado es enviado a un proceso de limpieza para transformarlo en energía eléctrica a través de un cogenerador de energía eléctrica.

Diagrama de Flujo del tren de tratamiento del Biodigestor

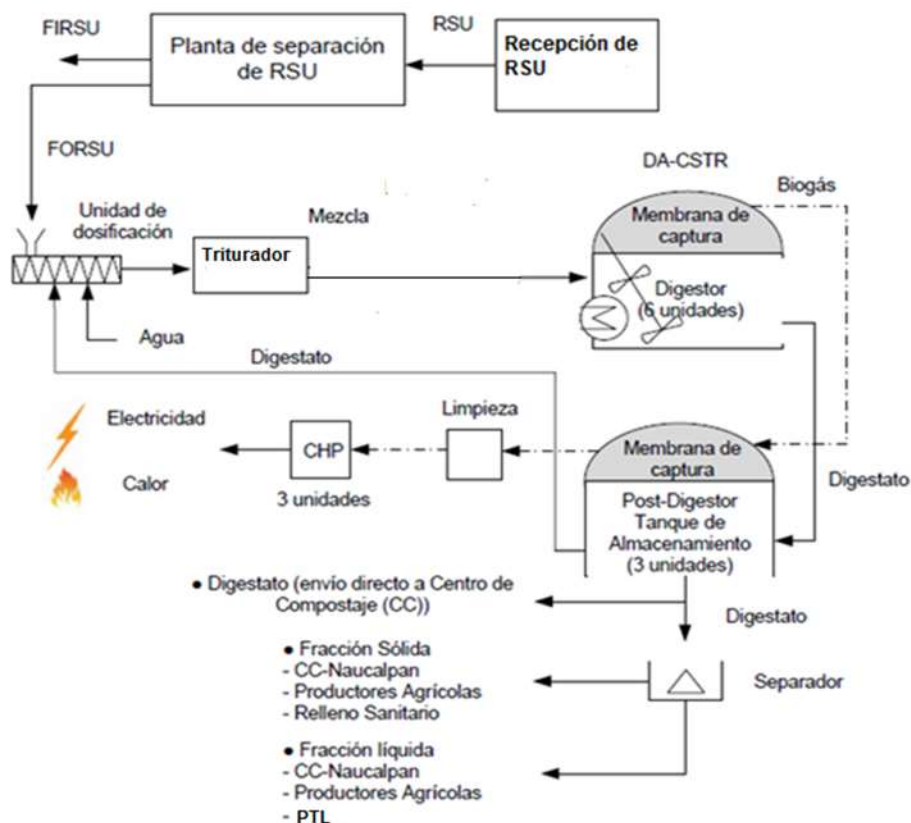


Figura 15. Iniciativa Global de Metano, Tetra Tech (2016), *Diagrama de Flujo del tren de tratamiento del Biodigestor*, Diagnóstico de Prefactibilidad de la Recuperación de Metano mediante el Tratamiento de Residuos Orgánicos del Municipio de Naucalpan de Juárez, 2016, p.31.

Glosario: RSU: Residuos Sólidos Urbanos, FIRSU: Fracción Inorgánica de Residuos Sólidos Urbanos, FORSU: Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos, CHP: Motor de Cogeneración, DA-CSTR: Digestor Anaerobio, Reactor Continuamente Agitado, CC: Centro de compostaje, PTL: Planta de tratamiento de lodos.

En este diagnóstico de pre factibilidad económico se plantean dos escenarios, en el primero la generación de los residuos sólidos urbanos se considera como un ingreso en el ahorro de energía eléctrica, ahorros en los costos de disposición de los residuos y ahorros por el uso de composta y presenta un retorno de inversión de 7.2 años aproximadamente.

El escenario 2, considera los ahorros económicos del escenario 1 y además la comercialización de los precios de mercado de 2015 de los residuos valorizables de la fracción inorgánica de los residuos sólidos urbanos (FIRSU), el retorno de la inversión para este escenario es de 2 años.

La propuesta de los dos escenarios responde a la necesidad de realizar un tratamiento a los residuos sólidos urbanos, puesto que de acuerdo con el diagnóstico, la emisión de biogás a la atmósfera a pesar de contar con un sistema avanzado de captura de gas y en el mejor de los casos es como máximo el 67% y el 33% restante es emitido a la atmósfera.

En la actualidad en México, a través de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos que promueve la implementación de tecnologías para la producción de energías a partir de residuos orgánicos, se considera la construcción y operación de un biodigestor en el municipio para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

Para la implementación del biodigestor deberán considerar el potencial bioquímico de generación de metano, así como determinar la capacidad de producción de metano, los parámetros de alimentación, operación y control con base en la generación de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos que sea utilizable para este fin.

La implementación de este tipo de tecnología en el municipio tiene como objetivo la minimización de los residuos y la reducción de los gases de efecto invernadero en los sitios de disposición final, así como generar un beneficio extra con la cogeneración de energía eléctrica.

7.7.5. Tanque de almacenamiento de Biogás Metano.

Una vez producido el biogás en el biodigestor, se debe colocar un tanque de almacenamiento el cual consiste en una membrana el cual presentará un efecto de amortiguamiento que garantice un suministro constante lo que permitirá una operación ininterrumpida del motor de cogeneración (8 horas ininterrumpidas), lo que evita las variaciones en el suministro.

7.7.6. Planta de generación de energía eléctrica.

De acuerdo con el estudio de pre factibilidad (Anexo 4) la generación de biogás producido por la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos de Naucalpan es de 7,928 kW de energía eléctrica. Para esto, pueden utilizar sistemas de caldera-turbina vapor, motores reciprocantes de combustión interna (con eficiencia de 25%-35%), turbina de gas (con eficiencia de 20 y 28%), microturbina (eficiencia mínima de 40%), así como motores de combustión interna que utilicen biogás purificado (Blanco et al, 2017).

7.7.7. Estación de secado de sólidos.

Uno de los residuos generados en el biodigestor son los lodos, cuyo porcentaje de humedad varía entre el 93-95%, este lodo tiene características biológicas, el cual tiene presencia de diversos microorganismos entre estos los patógenos.

De acuerdo con la Guía para el Manejo, Tratamiento y Disposición de Lodos Residuales de Plantas de Tratamiento Municipales para realizar el tratamiento de los lodos se deberá diseñar el sistema de tratamiento de lodos provenientes del biodigestor que contemple el balance de masa de los mismos. Así como, incluir en los costos de operación las siguientes actividades del tren de tratamiento de los lodos (CNA, 2007, pp 68, 75-94).

- Cálculo del volumen, concentración de los lodos y peso de los sólidos secos generados en el tren de tratamiento.
- Dibujar un diagrama de flujo del tren de tratamiento.
- Identificar las entradas y salidas de los flujos de los procesos de tratamiento.
- Determinar para cada proceso, identificar y calcular la relación entre las corrientes de entrada y salida con los parámetros de masa, volumen y concentración. Es también importante determinar los parámetros de captura y conversión de lodos en cada proceso.
- Finalmente tabular los resultados de volumen y concentración de cada corriente ingresada y de salida en cada proceso del tren de tratamiento.

Es necesario considerar técnicas de espesamiento de lodos, la cual es una técnica que se realiza en clarificadores primarios y secundarios (tanques de sedimentación), espesamiento mecánico por gravedad, espesadores de gravedad y de flotación, así como lagunas de lodos. El desaguado de lodos es de suma relevancia para eliminar el mayor porcentaje de contenido de humedad, los equipos frecuentemente utilizados son los filtros prensa de bandas, centrífugas y lechos de secado.

Para mejorar la eficiencia de los procesos de espesamiento y desaguado de lodos se utiliza el acondicionamiento químico de los mismos, consiste en la utilización de sustancias como cloruro férrico y cal (compuestos comúnmente utilizados) para flocular los sólidos y disminuir el tiempo de retención de los lodos en los procesos de espesado y desaguado.

Por lo anterior, el diseño del biodigestor deberá considerar la estación de secado como un área complementaria para el acondicionamiento de los lodos, que deberá estar incluida en el diseño del biodigestor.

7.7.8. Planta de compostaje de los residuos del biodigestor.

El composteo de lodos es un proceso termofílico aerobio de los compuestos orgánicos que son transformados en un producto estable, que puede ser manejado sin ningún riesgo para la salud humana. El producto puede ser utilizado como mejorador de suelos arenosos o arcillosos, que brinda ventajas como mayor retención de agua, aireación, permeabilidad y permite una mayor infiltración de agua, lo que permitirá a las plantas generar raíces más profundas. De acuerdo con la Guía para el Manejo, Tratamiento y Disposición de Lodos Residuales de Plantas de Tratamiento Municipales (CNA, 2007, pp. 197, 207, 217 y 219), las técnicas más comunes para el composteo de lodos son:

Proceso de Camellones. Este proceso se realiza generalmente en áreas descubiertas con ventilación natural y se utiliza volteo mecánico para mantener las condiciones aerobias. En este proceso la mezcla a compostear es apilada en filas paralelas unas con otras (camellones) y la sección transversal puede ser trapezoidal o triangular. En lugares con alta precipitación, los camellones pueden estar cubiertos o techados.

El ancho de un camellón típico es de 4.5 m y de 1-2 m de altura.

Pila aireadas individuales. En este método se utiliza una tubería plástica perforada de 10 a 15 cm de diámetro, la cual es colocada sobre la zona de composteo, orientada longitudinalmente y centrada debajo de la punta de la pila, esta tubería termina de 2-3m (mínimo) dentro de los extremos de la pila con la finalidad de evitar la entrada de aire.

Las pilas son cubiertas con una capa de 30 cm de composta estabilizada y cribada, lo que proporciona aislamiento y evita el escape de olores.

Pila individual y extendida. Este proceso hace eficiente el uso del espacio disponible y consiste en una pila con una sección transversal triangular utilizando la producción de lodo de un día, donde es extendida la tubería adicional con agentes de abultamiento y el lodo a tratar, este proceso se repite durante 20 días. Este proceso reduce en 50% el espacio en comparación al método de pilas individuales.

7.7.9. Celda de disposición final.

Una vez, tratados los sólidos estos deberán disponerse en una celda de disposición en algún relleno sanitario autorizado por la autoridad competente. Como se mencionó con anterioridad, el municipio no cuenta con un sitio de disposición final por lo que la reapertura del relleno sanitario es una opción viable para la reducción de costos por la disposición final de los residuos sólidos urbanos generados en el municipio.

7.8. Otras plantas para aprovechamiento de los residuos.

En la actualidad existen diversos sistemas de tratamiento y tecnologías para los residuos sólidos urbanos, los que se presentan a continuación son los más factibles de implementarse en el manejo integral de residuos sólidos urbanos de Naucalpan de Juárez, se describen a continuación:

7.8.1. Planta de generación de energía eléctrica de las celdas de disposición final.

Con la puesta en marcha del relleno sanitario de Tepatlaxco y Rincón Verde, se tiene contemplada la extracción de biogás en las celdas 1, 2 y 3, para la producción de energía eléctrica.

Para la generación de energía eléctrica a partir del metano producido en las celdas de disposición final de Rincón Verde, se deben considerar los equipos sugeridos en el apartado 7.6.6. En la actualidad, no se ha realizado un estudio que determine la cantidad de extracción de biogás

en el Relleno Sanitario de Rincón Verde, sin embargo, se tiene contemplada la reapertura de este sitio para la disposición de los residuos sólidos urbanos del municipio, por lo que la generación de metano será relevante una vez puesto en marcha el relleno sanitario y habilitando las celdas clausuradas para la extracción de biogás.

Proceso de generación de energía eléctrica en un relleno sanitario

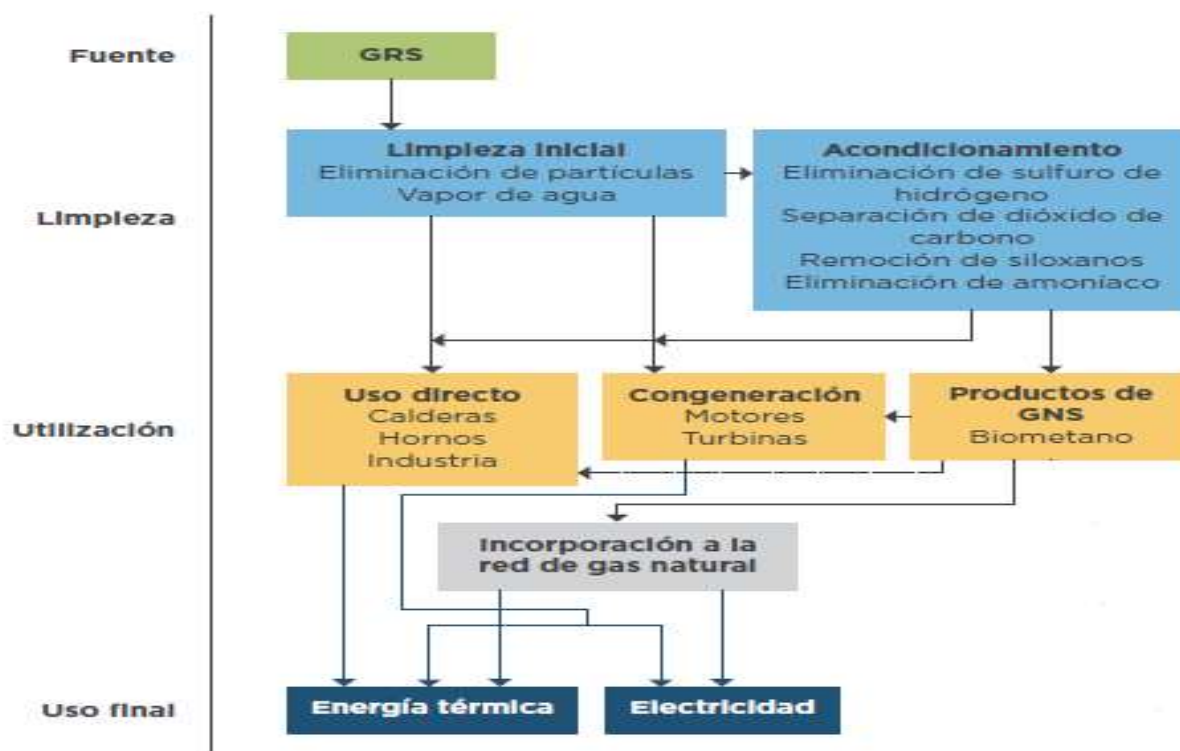


Figura 16. Blanco, 2017, Dukel., 2010. *Proceso de generación de energía eléctrica en un relleno sanitario.*

7.8.2. Planta de generación de energía eléctrica y calorífica por Termo valorización.

De acuerdo con Tchobanoglous (1994, p 687, 695 y 739), los tratamientos térmicos para los residuos sólidos urbanos realizan su conversión a compuestos gaseosos, líquidos y sólidos, con la finalidad de disponer la mínima cantidad en peso y volumen en los rellenos sanitarios.

Existen diversos sistemas de tratamiento térmico en el mercado que se clasifican de acuerdo con sus requerimientos de oxígeno, estos son los sistemas de incineración, sistemas de pirolisis y sistemas de gasificación.

Estos sistemas de energía tienen la opción de recuperación de energía térmica y a partir de esta se puede generar energía eléctrica, para esto usualmente se utilizan calderas para la producción de vapor, turbinas de vapor; turbinas de gas y motores recíprocos como motores primarios para la energía mecánica y generadores eléctrico para la conversión de energía mecánica a energía eléctrica.

7.8.3. Planta de composta a partir de los residuos verdes.

Considerando que el 50% de los residuos generados en Naucalpan son composteable, gran parte de este porcentaje deberá ser tratado en las plantas de compostaje, con la finalidad de tener como producto final un mejorador de suelos que puedan ser utilizados en los parques y jardines del municipio, o bien puedan canalizarse a las áreas rurales del municipio para su aprovechamiento.

Para la ejecución del programa se deberá elaborar el Proyecto Ejecutivo integral de ingeniería para la construcción de las dos plantas de compostaje, deberá contener: alcance del proyecto, estudios preliminares, anteproyecto, proyecto arquitectónico, proyecto ejecutivo, ejecución de obra y supervisión de obra.

Así también se deberá realizar la gestión para las autorizaciones de Impacto Ambiental y/o estudios técnicos justificativos de cambio de uso de suelo según corresponda.

7.8.4. Planta de generación de energía a partir de tecnología fotovoltaica.

El relleno sanitario de Rincón Verde actualmente presenta celdas clausuradas debido a la culminación de su vida útil, esto representa para el ayuntamiento un pasivo ambiental, el cual puede ser utilizado una vez garantizando que no exista ningún riesgo al colocar celdas solares que generen energía eléctrica para la comunidad aledaña a este sitio. Lo que representaría un beneficio social y el aprovechamiento sustentable para este sitio.

Por lo anterior, es indispensable contar con un proyecto que establezca la viabilidad de esta tecnología así como el costo beneficio económico y social que representará para la sociedad naucalpense, por lo que una planta de generación de energía eléctrica fotovoltaica es conveniente para el aprovechamiento de la superficie ahora inoperante que puede generar beneficios en la calidad de vida para los vecinos circundantes a este.

Como conclusiones del capítulo, en este se describen los programas y acciones a ejecutar el Plan, tomando en cuenta la estrategia para conseguir recursos, los programas de comunicación con la ciudadanía, las propuestas técnicas para su buen funcionamiento y otras alternativas para el máximo aprovechamiento de los residuos.

Conclusiones y recomendaciones.

Como conclusiones generales, se observa un Plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos complejo, pero estructurado de tal manera que nos facilita el camino para su entendimiento y su implementación, tratando en todo momento de buscar todas las aristas posibles para resolver la problemática actual. Contando con la información necesaria que nos ubica perfectamente en el contexto en el que se encuentra el Municipio de Naucalpan de Juárez, desde sus orígenes, como se fue desarrollando, sus condiciones físicas, recursos naturales, recursos humanos. También nos pone en la perspectiva de un crecimiento urbano irregular que no ha sido controlado y crea una presión en la desaparición de las zonas rurales, áreas naturales y ecosistemas. Con problemas crecientes de no resolverse inmediatamente en la salud, economía y medio ambiente; específicamente nos muestra un sistema de gestión de los residuos sólidos urbanos que requiere una transformación urgente y a profundidad. Un crecimiento poblacional que nos da cifras que nos permite proyectar la cantidad de residuos para procesar en el presente y el futuro, nos pone en alerta para realizar urgentemente una actualización de la planeación urbana y esta sea sustentable.

Observando cómo ha ido evolucionando la gestión de los residuos en el mundo, en América Latina y en especial en México para poder entender como llegó a la actualidad con esas deficiencias que hoy damos cuenta no son las apropiadas. Por esa razón se describen puntualmente las condiciones actuales con las que opera la gestión de los residuos en Naucalpan, con sus deficiencias, pero también con sus oportunidades.

Esta tesis plantea un Plan que resuelva la problemática actual, pero también modernice la gestión de los residuos del tal forma que lo ponga a la vanguardia a nivel mundial.

Para ello se consideró el marco normativo a nivel federal y local, ya que en su contexto general vela por ambiente adecuado y protege la biodiversidad, siendo un factor de utilidad ya que en él se establecen varios planteamientos que apoyan esta tesis y que a la fecha no se están cumpliendo por infinidad de motivos. Por ello se propone una estrategia para el cumplimiento del marco normativo y pasar de lo establecido a los hechos, en primer instancia no tener opción de la coerción, si no la inclusión de la sociedad a resolver el problema de manera conjunta creando cambio de hábitos en el manejo de los residuos en la ciudadanía, gobierno, empresarios y todos los involucrados. También se busca mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos, en especial de los grupos sociales más vulnerables, que dependen de la comercialización de los residuos.

Para establecer la estrategia adecuada primero se describió un objetivo general y objetivos específicos que resolverían los problemas alrededor de la gestión de los residuos, Para plantear la estrategia a desarrollar es claro que se tiene que tomar en cuenta diferentes actores, para ello se crearon alianzas con diferentes instituciones gubernamentales, agencias de cooperación internacional, académicas, privadas, las cuales fue el primer impulso para determinar la viabilidad del proyecto en su primer etapa, y que permitió abrir camino para seguir adelante en los estudios, investigaciones y análisis de la información. Partiendo de esta base de inclusión de diferentes actores multidisciplinarios se presenta la estrategia, considerando las condiciones actuales en las que se gestionan los residuos en Naucalpan, y las experiencias nacionales e internacionales. Con una descripción puntual de las acciones y programas a realizar para la implementación, que van de la separación de origen en domicilios, comercios, prestadores de servicios, industria, etc., pasando por una reestructuración de la recolección y transportación de los residuos, comercialización de los productos valorizables, el aprovechamiento de los productos no

valorizables actualmente, hasta la disposición final de aquellos que por el momento no son aprovechables. Siendo clara la tendencia a la cero disposición.

Como parte del planteamiento se establecen campañas de comunicación con la ciudadanía, para que emita su opinión previa a la aprobación del plan, hasta la implementación. Otro punto de destacar son los ejes de acción, como aquel que será el más importante, el rescatar los productos valorizables o reciclables y ponerlos en una economía circular, otros serán las campañas de concientización de reuso de los productos consumidos y reducción de los residuos. Y el último buscar el aprovechamiento máximo de los residuos para el beneficio de la ciudad y el medio ambiente.

Para poder lograr los objetivos se tienen que acompañar de estudios puntuales para el uso de la tecnología adecuada en el proceso de selección, que garantice los mejores beneficios para la ciudad y al medio ambiente. Con la búsqueda del equipamiento necesario a nivel mundial, sin que medie interés con alguna empresa para su implementación. Pretendiendo ser un referente en la implementación de las políticas públicas y ser replicado por los demás municipios de México, y como una propuesta que toma la academia para solucionar problemas reales urgentes a resolver.

Y la recomendación más importante es la urgente implementación del plan, para mejorar las condiciones de vida de la ciudadanía y del municipio, otra es considerar es el ser incluyentes y crear alianzas con las diferentes instituciones gubernamentales y no gubernamentales involucradas en los problemas públicos de esta índole, a nivel nacional e internacional que estén a su alcance, con el fin de garantizar la legitimidad. Analizar la historia del municipio con sus usos, costumbres y condiciones de arraigo a sus comunidades y liderazgos, Buscando los mecanismos necesarios para que la sociedad en su conjunto y las autoridades realicen de manera satisfactoria este plan. Beneficiando de manera primordial a las clases más vulnerables.

Bibliografía

- Careaga, Juan Antonio, 1993. *Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes*. Instituto Nacional de Ecología, México, p. 45.
- Comisión Nacional del Agua, (2007). *Manual Del Agua Potable Y Saneamiento, Guía Para El Manejo, Tratamiento Y Disposición De Lodos Residuales De Plantas De Tratamiento Municipales*. En línea <ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Guia%20para%20el%20Manejo,%20Tratamiento%20y%20Disposici%20de%20lodos%20residuales%20en%20plantas.pdf>. Consulta 27/11/2017.
- Durán Juve, Dunia (1999), *La dirección y el control estadístico: su aplicación en los recursos humanos*. Universidad de Barcelona, España, p. 2-3.
- Góngora Juan Pablo (2014). *Reciclaje en México*. Volumen 64, Número 3. En línea http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/757/2/reciclaje_mexico.pdf, p. 3. Consulta 14/10/2017.
- Guerrero Olvera, Miguel (2008). *La nueva gestión pública: un modelo privatizador del proceder del estado, alcances y consecuencias*, Instituto de Administración Pública del Estado de México, México, p. 40-41.
- Guevara Vera Antonio (1996). *Fundamentos básicos para el diseño de biodigestor anaeróbicos rurales*. centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del medio ambiente. En línea <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031042/031042.pdf>, consulta 23/10/2017.
- H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez. (2018). Denominación: Naucalpan. Naucalpan de Juárez, Méx. *Naucalpan*. Recuperado de <https://naucalpan.gob.mx/>

- H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez, 2016-2018. *Plan de Desarrollo Municipal Naucalpan de Juárez 2016-2018*, p. 83-85.
- H. Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez, 2016-2018. *Programa de acción climática del Municipio de Naucalpan de Juárez 2013-2023*, p. 92-93.
- H. Cámara de Diputados. (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. México: Diario Oficial de la Federación 22-05-2015
- H. Cámara de Diputados. (1988). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación 09-01-2015.
- Hernández Sampieri, Roberto (2014). *Metodología de la investigación*, McGraw-Hill/ Interamericana editores, S.A. de C.V, México, p.41.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), (2009). *Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, Naucalpan de Juárez México. INEGI página 5. En línea http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15057.pdf, consulta 7/03/2017.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. inegi. Recuperado de <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2010). *Población total por municipio y edad desplegada según sexo*. En línea: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=27302>, consulta 8/06/2016.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2015). *Tabulados de la encuesta intercensal*. En línea <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>, consulta 7/06/2017.
- INAFED (2018). *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México, historia. Naucalpan de Juárez. México. Inafed*. Recuperado de <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15057a.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, FAO, (2011), *Ministerio de Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*, Chile, ISBN 978-95-306892-0, p 14.
- Secretaría de gobernación, Consejo Nacional de Población. *Proyecciones de la población 2010-2015*. En línea <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>, consulta 08/05/2017.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Generación estimada de residuos sólidos urbanos por zona geográfica. En línea http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RSM01_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce, consulta 8/05/2017
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2004). *NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. México: Diario Oficial.
- Seoáñez, M. y otros (1999). *Contaminación del suelo. Estudios, tratamiento y gestión*. España: Mundi-Prensa.

- Seoáñez, M. y otros (2000). *Residuos. Problemática, descripción, manejo, aprovechamiento y destrucción*. España: Mundi-Prensa.
- Lund, H. y otros. (1996). *Manual McGraw-Hill de reciclaje, Volumen I y II*. España: McGraw-Hill.
- Tchobanoglous, G.; Theisen, H. y Vigil, S. (2004). *Gestión integral de residuos sólidos, Volumen I y II*. México: McGraw-Hill
- Trejo Vázquez, R. (2002). *Procesamiento de la basura urbana*. México: Trillas

Anexos.

Anexo 1. Análisis de Crecimiento Urbano y su Impacto en Áreas Naturales en Naucalpan de Juárez.

Anexo 2. Plan para la Gestión Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Naucalpan.

Anexo 3. Diagnóstico de Prefactibilidad de la Recuperación de Metano mediante el Tratamiento de Residuos Orgánicos (FORSU) del municipio de Naucalpan, Estado de México.

Anexo 4. Anteproyecto para el manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos mediante valoración energética a través de la implementación de un Biodigestor en el Municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México.

Anexo 5. Prestadores de Servicio Irregulares de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos que operan en el Municipio de Naucalpan de Juárez.

Anexo 6. Estudio de Caracterización de Residuos: Estación de Transferencia de Naucalpan, México.

Anexo 7. Centros de Acopio Irregulares de Residuos Sólidos Comercializables que operan en el Municipio de Naucalpan de Juárez.

Anexo 1



Municipio de Naucalpan de Juárez

Dirección General de Medio Ambiente

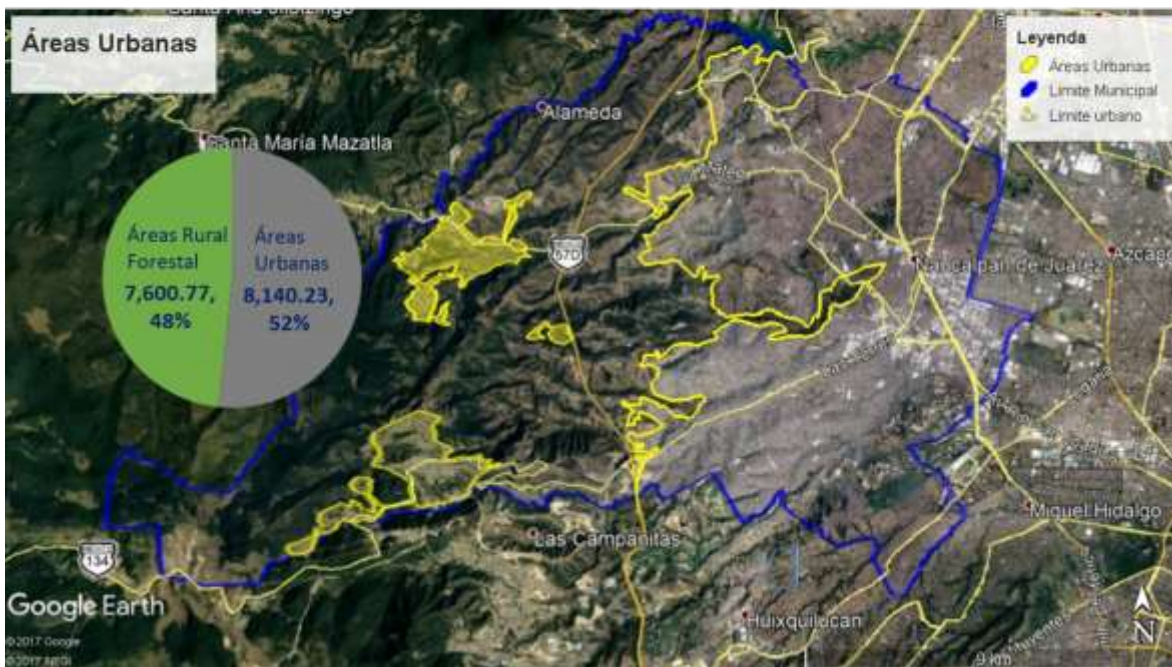
Análisis del crecimiento urbano y su impacto en las áreas naturales



Agosto/2017

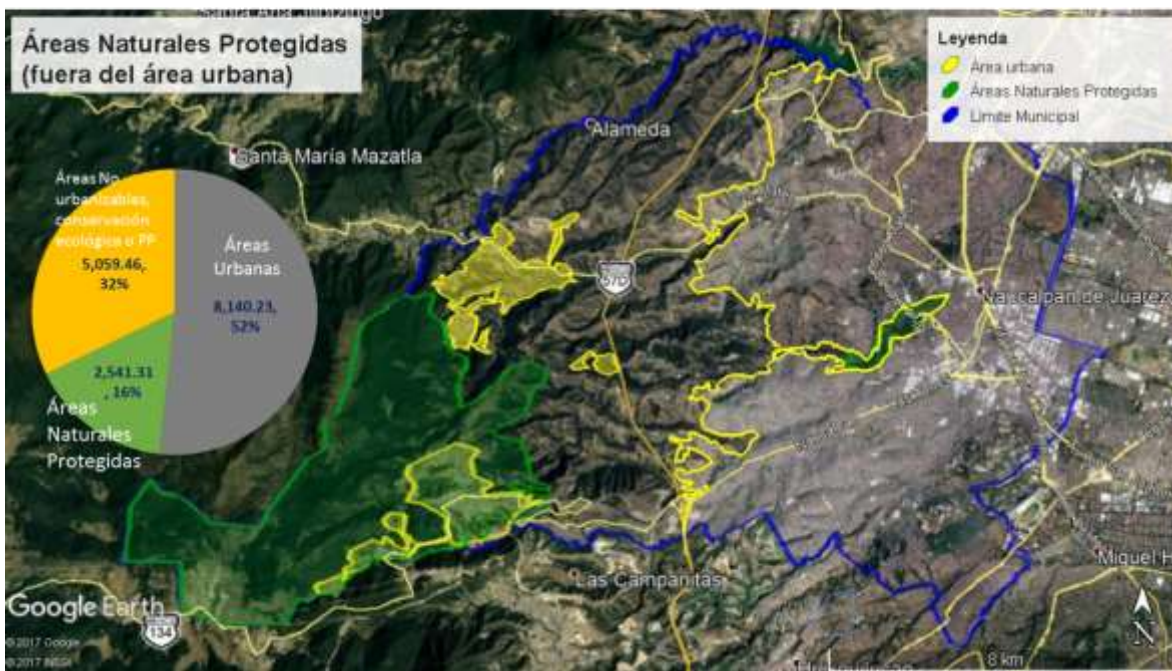


Dirección General de Medio Ambiente





Dirección General de Medio Ambiente

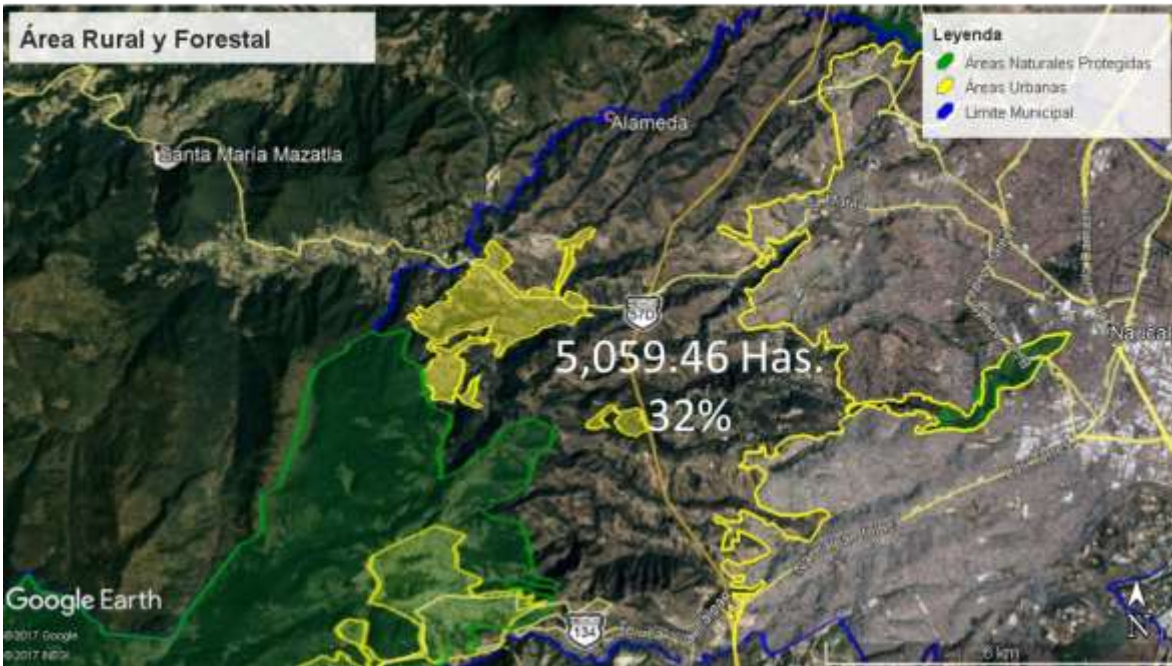


Dirección General de Medio Ambiente

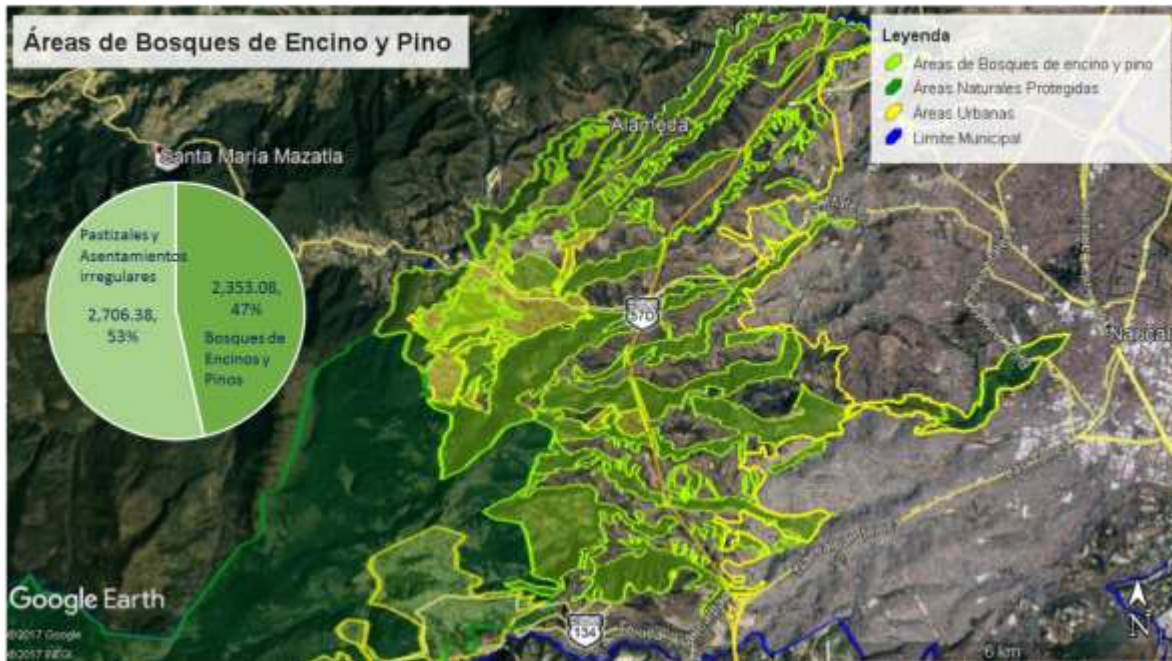




Dirección General de Medio Ambiente

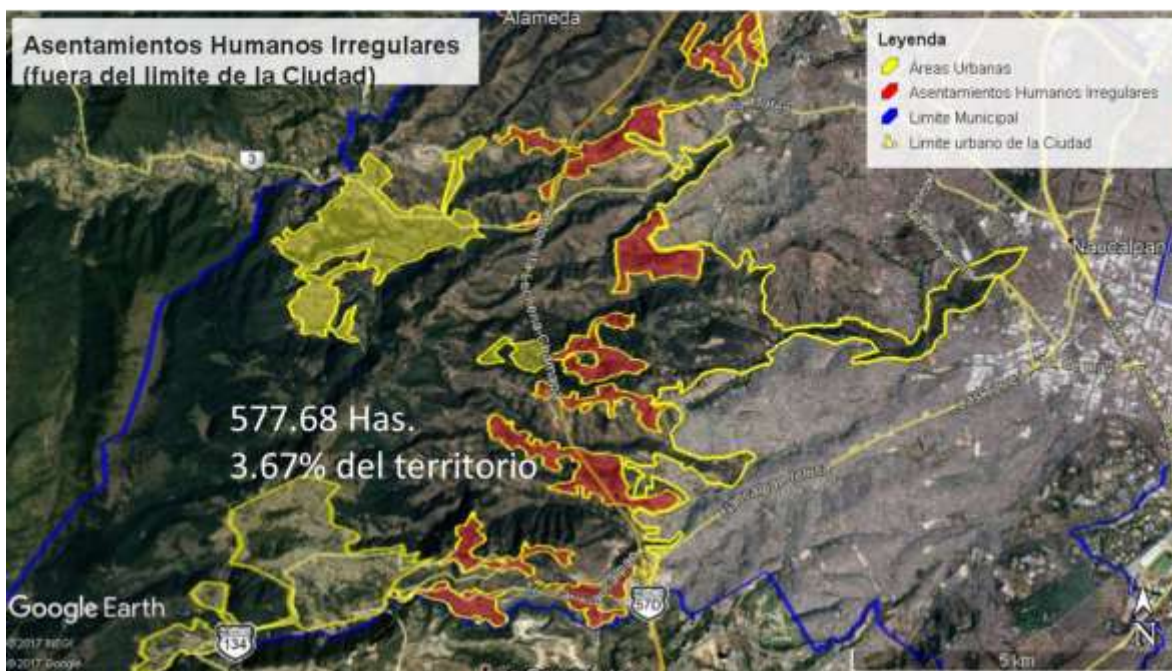


Dirección General de Medio Ambiente

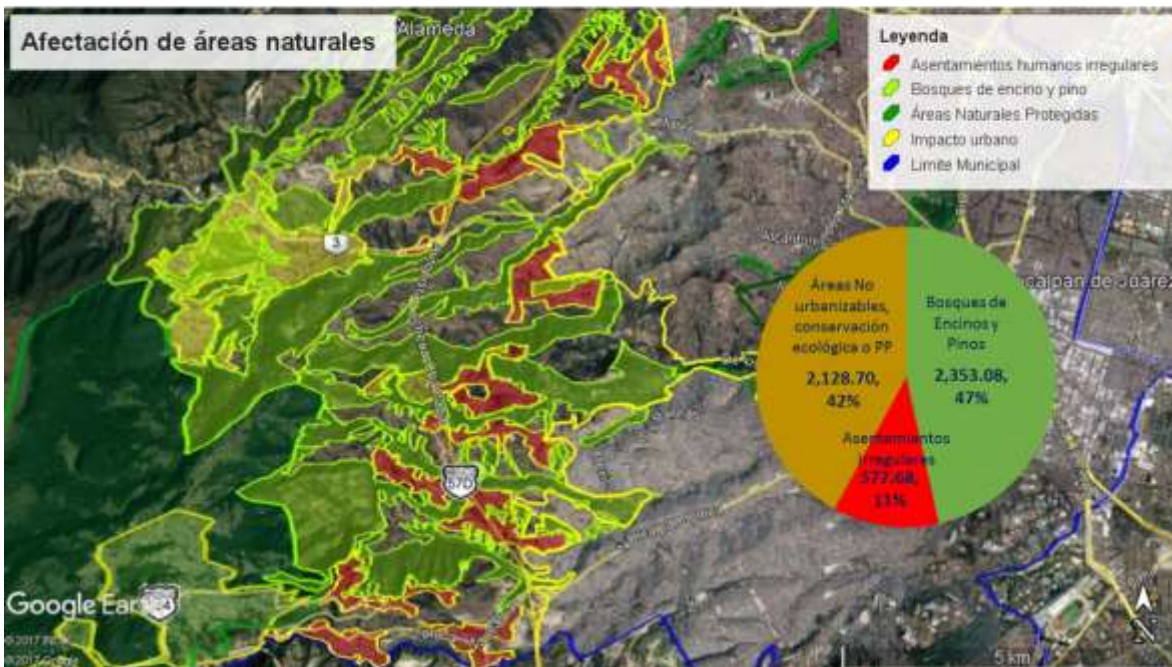




Dirección General de Medio Ambiente



Dirección General de Medio Ambiente





Dirección General de Medio Ambiente



Propuesta:

1. Señalizar los límites Urbanos de la Ciudad y de los Pueblos, así como detener crecimientos irregulares y plantear su posible reubicación.
2. Crear áreas de amortiguamiento ambiental, creando corredores biodiversos en las microcuencas del territorio. (Duplicar el área protegida actual).
3. Planear Desarrollos sustentable a partir de la resiliencia a corto, mediano y largo plazo en las áreas urbanas existentes y por crear (Vivienda de interés social a Residencial, Servicios e Industria de tecnologías de energía renovables), Así como el desarrollo del plan de Movilidad en la región.

!Gracias!

Anexo 2



DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE

PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN DE JUÁREZ, ESTADO DE MEXICO.

Febrero, 2018.



OBJETIVO GENERAL

Garantizar un ambiente sano a la población Naucalpense con la implementación de políticas públicas y de tecnología, que prevenga y reduzca la generación de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, mediante un Plan que impulse el desarrollo sustentable en el municipio.

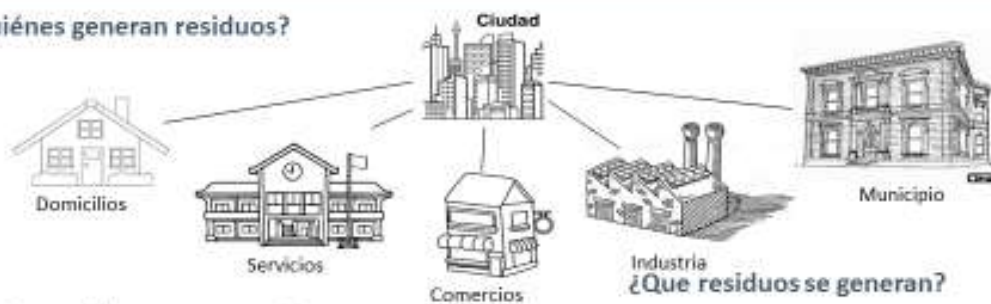




De los Residuos en Naucalpan

El manejo inadecuado de los de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que generamos como sociedad, ha originado un gran impacto ambiental, que ha ocasionado la degradación de los ecosistemas, del paisaje, contaminación del aire, suelo, agua, afectaciones a la salud y la pérdida de espacios que pueden ser aprovechados para diversas actividades humanas.

¿Quiénes generan residuos?



¿Cuántos residuos se generan?

413,569.81Ton/año + Selección de valorizables en los Camiones recolectores Municipales+ Prestadores de servicio regulares e irregulares + disposiciones inadecuadas.



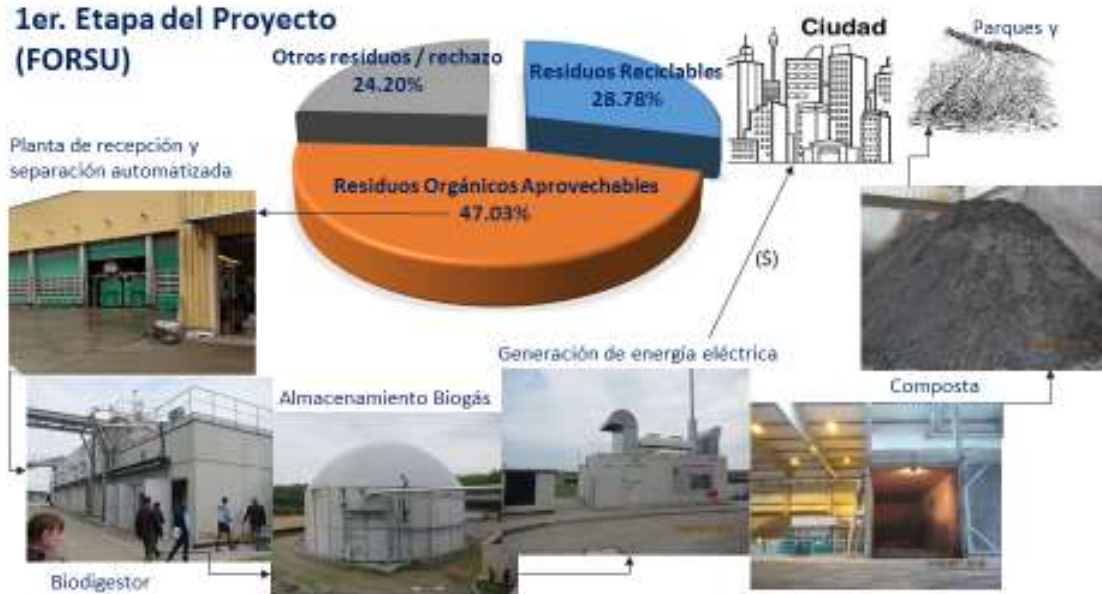
¿Que residuos se generan?



¿Como se recolectan los residuos?



1er. Etapa del Proyecto (FORSU)



Proyectos complementarios a la puesta en marcha del FORSU con los RSU:

Estrategia de participación social y difusión del proyecto.

Separación de origen. (Domiciliario: Orgánico, Reciclables y Otros)

Reingeniería del sistema de recolección.

Ciclo económico e Inclusión social de los residuos reciclable.

Reglamentar recolectores irregulares y su gestión de RSU.

Reglamentar centros de comercialización de residuos.

2ª. Etapa la valorización de Otros Residuos o rechazados



Proyectos alternos con RSU actuales:

Captación de Metano del Relleno existente



Generación de energía eléctrica



(S)

(S)



Planta de tratamiento de lixiviados

Otro proyecto alternativo:



Planta fotovoltaica en terreno de tiradero a cielo abierto saneado.



Captura de biogás del relleno saneado y en operación.



Generación de energía eléctrica a partir del biogás en el relleno saneado y en operación.



Tratamiento de los lixiviados del relleno saneado y en operación.



Generación de energía eléctrica en terreno del relleno saneado, por medio de celdas fotovoltaicas.



DIRECCIÓN GENERAL DE MEDIO AMBIENTE

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Anexo 3



Iniciativa Global de Metano

Diagnóstico de Pre-factibilidad de la Recuperación de Metano mediante el Tratamiento de Residuos Orgánicos (FORSU) del Municipio de Naucalpan, Estado de México.

DRAFT

Julio, 2016

Preparado por:

Tetra Tech

1320 North Courthouse Rd. Suite 600 | Arlington, VA 22201

Tel 703.387.2190 | Fax 703.243.1374 www.ttratech.com

RESUMEN EJECUTIVO

La Agencia de Estados Unidos para la Protección del Medioambiente (U.S. EPA) en apoyo a la Iniciativa Global del Metano (GMI) en el sector de biogás, realizó una evaluación de Prefactibilidad que evalúa el dar tratamiento a la Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (FORSU) que serían separados mecánicamente de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que llegan diariamente al Centro de Transferencia de Naucalpan (CETRAN-N), ubicado en la localidad de San Francisco Chimalpa, en el paraje conocido como “El Zopilote” a 18.6 km del Palacio Municipal de Naucalpan. El estudio se realizó para determinar la factibilidad técnica y económica de la valorización de FORSU y uso del metano para la producción de energía eléctrica en motores de cogeneración.

Actualmente en el CETRAN-N se concentra un promedio de **1,104 ton. RSU/día**, de acuerdo al promedio obtenido de los registros de los últimos 12 meses. El total de estos residuos es entregado por 140 camiones de limpia propiedad del Municipio y por 90 empresas, las cuales por su propia cuenta se encargan de la transportación de sus residuos al CETRAN-N. En su mayor parte los residuos provienen de la recolección a casas-habitación y en menor grado de las pequeñas y medianas empresas. Existe otro grande grupo de generación de residuos, los cuales se denominan “Grandes Generadores” los cuales son hoteles, restaurantes, mercados fijos y mercados sobre ruedas principalmente. La cantidad generada por grandes generadores no pudo ser determinada ya que la realiza una empresa privada denominada GEN que envía los RSU a los rellenos sanitarios de Xonacatlán y Tepotzotlán y cuyos registros no estaban disponibles para este estudio.

El municipio de Naucalpan de Juárez forma parte de los **125 municipios** que conforman el Estado de México. Es parte del área metropolitana de la Ciudad de México (CDMX), limita al norte con Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla de Baz y Jilotzingo; al sur con Huixquilucan; al este y sureste con la CDMX; al oeste nuevamente con Jilotzingo, y al suroeste con los municipios de Oztolotepec, Xonacatlán y Lerma. Tiene una superficie de 155.7 km², de la cual el 55% corresponde a zona rural o no urbana y 45% a zona urbana. El Palacio Municipal se ubica geográficamente a 19° 28' 43.48" N y 99° 13' 59.50" O, el municipio tiene una altitud media de 2,275 msnm con una altitud máxima de 3,650 msnm. De acuerdo al Censo de Población y Vivienda INEGI 2011, el municipio cuenta con una población de **872,320 habitantes**. Naucalpan económicamente está considerado como uno de los municipios más ricos del país en donde se ubican diversas industrias pequeñas, medianas y grandes; entre las que se pueden mencionar laboratorios farmacéuticos, industria de refacciones automotrices, productos químicos, manufactura de textiles y de inyección de plásticos. Naucalpan de Juárez en el año 2,000 generó riqueza suficiente como para cubrir casi dos veces las necesidades de sus pobladores, en comparación con otros municipios que generan tan solo un tercio de lo que requieren sus pobladores durante un año.



Colindancia y localización geográfica del Municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México.

Para el presente estudio se consideran únicamente los residuos existentes del CETRAN-N , aproximadamente 1,104 ton RSU/día, así como diversas suposiciones hechas de común acuerdo con los responsables del manejo de los RSU del municipio para suplir la falta de caracterización de los residuos (Nota: La caracterización es parte del plan que el municipio pretende implementar en la actual Administración para la determinación precisa que permita la gestión integral de los RSU, la estrategia a seguir y la viabilidad económica de su tratamiento). En cuanto al diagnóstico de pre-factibilidad económica y financiera del presente estudio se plantean dos escenarios, un escenario base (**Escenario I**) en dónde sólo se considera como generación de ingreso el **ahorro** de la **energía eléctrica**, ahorro en **disposición de la fracción FORSU** hacia RS y ahorro en uso de **composta**. Bajo dicho escenario base el retorno de inversión es de 6.3 años aproximadamente.

En un segundo escenario (**Escenario II**) se realiza la corrida financiera considerando además de los ahorros anteriores, la comercialización a precios de mercado (2015) de las fracciones reciclables de la fracción inorgánica de los residuos sólidos urbanos (FIRSU). En la tabla 1 se muestra un resumen de la viabilidad económica de ambos escenarios.

Tabla 1. Resumen de viabilidad económica y emisiones de GEI

Resumen de viabilidad económica		Escenario I	Escenario II
Parámetro	Unidad	Ahorros energía eléctrica y RS	Ahorros en energía eléctrica, RS y venta de FIRSU
Potencial eléctrico total	kW	7,928	7,928
Potencial térmico (exportación)	kWt US\$	6,779	6,779
CAPEX	US\$/Año	\$ 37,719,411	\$ 37,719,411
OMEX	US\$/Año	4,849,508	\$ 4,849,508
Ingreso neto anual	Años	\$ 4,992,849	\$ 12,313,173
Retorno de inversión	%	7.2	2
ROI (10 años)		21	78
Fuente del Ingreso Total			
Ahorro de electricidad	US\$	\$ 5,111,713	\$ 5,111,713
Ahorro en disposición de RS	US\$	\$ 4,505,870	\$ 4,505,870
Ahorro en composta	US\$	224,774	\$ 224,774
Venta de fracciones FIRSU	US\$	\$ -	\$ 7,320,324
Resumen de emisiones de GEI			
Emisiones actuales en relleno sanitario	tpyCO ₂ e	51,359	
Emisiones del tratamiento por DA y generación de energía (ej. Captura, combustión de CH ₄ y sustitución de combustibles fósiles).	tpyCO ₂ e	11,029	
Potencial de reducción de emisiones		40,331	

Se puede concluir del análisis económico que en ambos casos es un proyecto rentable. En particular se demuestra la importancia de reciclar y comercializar las fracciones reciclables del FIRSU, las cuales son un subproducto inevitable de la Planta de Valorización o separación de RSU (PVRSU) para la obtención de la fracción mecánicamente separada de FORSU, la cual a su vez es la materia prima indispensable para la operación de la Planta de Valorización por Digestión Anaerobia (PVDA). De ser comercializado el FIRSU se mejora de manera considerable la viabilidad financiera y económica del proyecto en su conjunto. El retorno de inversión se reduce de aproximadamente 7.2 años en el primer *Escenario I (base)* a 2 años. No se considera la valorización del calor de cogeneración de los motores, la cual podría aumentar aún más la viabilidad del proyecto (ej. en venta de agua caliente a empresas cercanas, implementación de invernaderos de hortalizas en la vecindad de la PVDA (ej. caso de Jiutepec, Morelos) construcción de alberca pública con agua caliente, secado de semillas, etc.).

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los siguientes funcionarios y amigos por su colaboración en la búsqueda de información, impresiones técnicas y por haber sido nuestros anfitriones en el Estado de México, durante nuestras visitas técnicas y presentaciones.

Samuel Martínez	Secretario Técnico de Presidencia Municipal
Sergio Rodríguez	Director General de Medio Ambiente de Naucalpan
Roger Peniche	Asesor Secretaría Técnica de Naucalpan
Hugo Rosales	Coordinador Rellenos Sanitarios de Naucalpan
Emma Arreguín	Jefe de Departamento DGMA de Naucalpan
Luis Ocaña	Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México

Este proyecto fue financiado por la US EPA, bajo el programa ***GMI Municipal Solid Waste Technical Assistance in México 2016: Global Technical Services and Training*** ó GMI Asistencia para México en Residuos Sólidos Municipales 2016: Servicios Técnicos Globales y Capacitación.

ÍNDICE

Resumen Ejecutivo i

Agradecimientos iv

Abreviaturas y siglas viii

1.	Introducción	11
1.1	La Iniciativa Global de Metano	11
1.2	Introducción al proyecto y visión general	13
1.3	Resumen de actividades de investigación en sitio	15
1.3.1	Métodos para las estimaciones de captura de metano	16
1.3.2	Métodos para la potencial de reducción de emisiones	19
1.4	ANÁLISIS TÉCNICO	22
1.5	Resumen técnico del centro de transferencia de RSU de Naucalpan	22
1.6	Bases de cálculo y caracterización de residuos	24
1.7	Separación de RSU Y tratamiento de la fracción FORSU por digestión anaerobia húmeda	29
1.7.1	Tecnología de separación de RSU y obtención de las fracciones FIRSU y FORSU	29
1.7.2	Diseño DA-CSTR	30
1.8	Dimensionamiento de las plantas de separación de RSU y de digestión anaerobia húmeda y parámetros de desempeño	34
1.9	Potencial de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero	35
2.	Análisis económico	37
2.1	Supuestos o suposiciones Claves	40
2.2	Conclusiones	
3.	Referencias	

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Vista aérea del CETRAN-N	22
Imagen 2. Entrada al CETRAN-N y báscula para peso de las unidades	23
Imagen 3. Aspecto de la placa principal (400 m ²) y entrega del RSU en el CETRAN-N	24
Imagen 4. Diagrama de proceso de valorización de RSU-FIRSU/FORSU-DA/ENERGÍA	30
Imagen 5. Diagrama logístico y plan de negocios de la cadena de valor de Residuos-en-Energía	32
Imagen 6. Potencial de Reducción de Emisiones	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de viabilidad económica	iii
Tabla 2. Abreviaturas y siglas	viii
Tabla 3. DOC (Carbón Orgánico Degradable) Recomendado y Valores Proporcionales de Reducción para Rellenos	164
Sanitarios.....	164
Tabla 4: Factores de Emisión de Electricidad Promedio (ESEF).....	166
Tabla 5. Resumen de las características del CETRAN-N	168
Tabla 6: Caracterización bibliográfica, física y química del FORSU	170
Tabla 7: Bases de cálculo de variables económicas y financieras	170
Tabla 8: Costos de mercado y volúmenes considerados para la venta de las fracciones separadas del FIRSU	171
Tabla 9: Bases de cálculo considerando la merma de FIRSU por separación manual durante la recolección de RSU en camiones del municipio.....	172
Tabla 10: Resumen de los parámetros de diseño de la planta de digestión anaerobia húmeda de FORSU.....	177
Tabla 11: Dimensionamiento de la planta de digestión anaerobia.....	178
Tabla 12: Valor de mercado de las distintas fracciones FIRSU	182
Tabla 13: Resumen de Escenarios I y II de viabilidad económica.....	183
Tabla 14. Personal para la operación de las plantas	185
Tabla 15: Análisis Económico	185

ABREVIATURAS Y SIGLAS

Tabla 2. Abreviaturas y siglas

Abreviaturas	Inglés	Español
BANOBRAS	National Bank for infrastructure and public services	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos
DA	Anaerobic Digestion	Digestión Anaeróbica
DA-CSTR	Anaerobic Digester Continuous Stirred Tank Reactor	Digestor Anaeróbico, Reactor Continuamente Agitado
DBO	Biological Oxygen Demand	Demanda Biológica de Oxígeno
CAPEX	Capital Expenditure	Inversión en Capital
CC	Composting Centre	Centro de Compostaje
CDMX	Mexico City	Ciudad de México
CDR	Refuse Derived Fuel	Combustible de Rechazo
CCE	Enterprenurial Coordination Council	Consejo Cordinador Empresarial
CESPEDES	Private Sector Studies Commission for Sustainable Development	Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable
CFE	Federal Electricity Commission	Comision Federal de Electricidad
CONACYT	National Council for Science and Technology	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CSTR	Continuous Stirred Tank Reactor	Reactor de Agitación Continua
CHP	Combined Heat and Power	Motor de Cogeneración
CH ₄	Methane	Metano
CO ₂	Carbon Dioxide	Dióxido de Carbono
DAH	Humid Anaerobic Digestion	Digestión Anaeróbica Húmeda
N ₂ O	Nitrogen Oxide	Óxido de Nitrógeno
DQO	Chemical Oxygen Demand	Demanda Química de Oxígeno
eGRISEM	Solid Residues Integral Management Strategy from the State of Morelos	Estrategia de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Estado de Morelos
ESEF	Electricity System Emission Factor	Factores de Emisión de Electricidad Promedio
FDT	Double Press Filter	Filtro Doble Tela

FORSU	Organic Fraction of Municipal Solid Waste	Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos
FIRSU	Inorganic Fraction of Municipal Solid Waste	Fracción Inorgánica de Residuos Sólidos Urbanos

GEI	Greenhouse gas	Gas Efecto Invernadero
GMI	Global Methane Initiative	Iniciativa Global del Metano
GWP	Global Warming Potential	Potencial de Calentamiento Global
HRT	Hydraulic Retention Time	Tiempo de Retención Hidráulica
IER	Indirect Emissions Reduction	Reducción Indirecta de Emisiones
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Panel Intergubernamental de Cambio Climático
MSW	Municipal Solid Waste	Residuos Sólidos Municipales
NH ₄ ⁺	Ammonium	Amonio
OMEX	Operation and Maintenance Expenditure	Costos de Operación y Mantenimiento
OLR	Organic Loading Rate	Tasa de Carga Orgánica
O&M	Operation and Maintenance	Costos de Operación y Mantenimiento
PTAR	Wastewater Treatment Plant	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PVDA	Anaerobic Digestion Valorization Facility	Planta de Valorización por Digestión Anaerobia
PVRSU	Urban Waste Valorization Facility	Planta de Valorización de Residuos Sólidos Urbanos
RS	Landfill	Relleno Sanitario
RSU	Solid Urban Waste	Residuos Sólidos Urbanos
SEMARNAT	Mexico's Environmental and Natural Resources Ministry	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos
SWDS	Solid Waste Disposal Sites	Sitios de Disposición de Residuos Sólidos
ST	Total Solids	Sólidos Totales
SV	Volatile Solids	Sólidos Volátiles
tpyCO _{2e}	Ton per year of CO _{2e} equivalent emissions	Toneladas por año de emisiones equivalentes de CO _{2e}
UNAM	National University Autonomous of Mexico	Universidad Nacional Autónoma de México

USEPA	United States Environmental Protection Agency	Agencia de Estados Unidos para la Protección del Medioambiente
VPN	Net Present Value	Valor Presente Neto
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development	Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible
WRI	World Resources Institute	Instituto de Recursos Mundiales
WWTP	Wastewater Treatment Plant	Planta de tratamiento de aguas residuales

1. INTRODUCCIÓN

1.1 LA INICIATIVA GLOBAL DEL METANO

La [Iniciativa Global del Metano](#) (GMI) es una asociación multilateral cuyo fin es crear un marco voluntario, no vinculante, para la cooperación internacional con el objetivo de reducir las emisiones antropogénicas de metano y avanzar en la reducción de la emisión de gases efecto invernadero así como la valoración energética y uso del metano como una fuente de energía renovable que contribuya a la canasta energética de los países. Muchos co-beneficios están asociados con esta Iniciativa específicamente una mayor seguridad energética (ej. canasta energética), mejora del crecimiento económico, mejor calidad del aire y mejora en la seguridad industrial (ej. disminución de riesgos por incendio y explosión). La Iniciativa es una colaboración entre países desarrollados, países en desarrollo y países con economías en transición en coordinación con el sector privado, investigadores, bancos de desarrollo y otras organizaciones gubernamentales y no gubernamentales relevantes.

La GMI se enfoca en el **desarrollo de estrategias** y mercados para la disminución, recuperación y uso de metano a través de la promoción de tecnología, casos demostrativos, lanzamiento, difusión, implementación de políticas marco efectivas, identificación de mecanismos y medios para apoyar la inversión y remoción de barreras para el desarrollo de proyectos de colaboración e implementación. La GMI se enfoca en cinco fuentes principales de generación de metano por actividad antropogénica: agricultura; minas de carbón; vertederos o rellenos sanitarios; sistemas de gas natural y petróleo; y aguas residuales. En el presente caso de estudio en Naucalpan, los sustratos disponibles provienen de RSU, lo que implica su desvío de rellenos sanitarios, donde se produce la emisión de GEI.

El Metano (CH_4) es un hidrocarburo relativamente abundante y el componente primario del gas natural ($\geq 95\%$ v/v). Puede ser capturado de una variedad de procesos industriales y naturales - principalmente a través de secuencias de fermentación biológicas- y tiene un contenido de energía relativamente alto ($\Delta H^0_c \approx 891$ kJ/mol), convirtiéndolo en una fuente de combustible atractiva. El metano es también el segundo gas de efecto invernadero más abundante (GEI) después del bióxido de carbono (CO_2), representando el 14% de las emisiones globales. No obstante que el metano es emitido a la atmósfera en cantidades menores que el CO_2 , su potencial de calentamiento global (es decir, la habilidad del gas de atrapar calor en la atmósfera y re-irradiarlo hacia la misma y hacia la superficie terrestre, no dejándolo escapar hacia el espacio) es 25 veces más grande que aquella del CO_2 . Como resultado las emisiones de metano contribuyen actualmente en más de una tercera parte del calentamiento antropogénico. Las emisiones de metano ocurren de varias fuentes antropogénicas, incluyendo: la producción y transporte de carbón; gas natural y petróleo; ganadería y otras prácticas de agricultura; de la descomposición anaeróbica de desecho orgánico en vertederos o rellenos sanitarios municipales; de desechos sólidos; y determinados sistemas de tratamiento de aguas residuales. En el caso de rellenos

sanitarios (RS) el metano es emitido durante el manejo y su disposición en el sitio final de depósito de la fracción orgánica de RSU (FORSU), ya que cualquier materia orgánica sin vida inicia un proceso de descomposición natural, en el cual los microorganismos rompen las moléculas complejas en moléculas más simples, generando como gases de desecho el CO_2 y el CH_4 si la descomposición se lleva a cabo en ausencia de oxígeno (ej. una vez que los FORSU son enterrados o quedan bajo una altura de 0.5 a 1 m de residuos).

De igual forma los rellenos sanitarios en su mayoría no cuentan con sistemas de captura del biogás generado y en el mejor de los casos, la emisión o fuga de biogás a la atmósfera aún con un sistema avanzado de captura y recolección del biogás, es de un 67% como máximo, lo que permite la emisión a la atmósfera de un 33% aproximadamente del biogás generado.

Aunado a esto se espera que la población mundial crezca a más de 9 billones de habitantes en los próximos 40 años (7,440,414,800 de habitantes en agosto de 2016), es decir un incremento del 17.3% respecto a la población actual, resultando en un uso y consumo de agua y alimentos más elevados, así como el correspondiente incremento en la producción de las fuentes de emisión de metano de origen antropogénico como las aguas residuales, residuos agroindustriales y residuos sólidos urbanos (RSU), en dónde la tendencia poblacional indica una migración del sector rural hacia el urbano. A medida que ocurre este cambio hacia un futuro urbano a nivel mundial, la cantidad de RSU, uno de los más importantes subproductos del estilo de vida urbano, está creciendo incluso más rápido que el de la urbanización misma. En 1999 había 2.9 billones de residentes urbanos que generaban aproximadamente 0.64 kg de RSU por persona por día (0.68 billones de toneladas por año). En el reporte del Banco Mundial del año 2012 se hicieron estimaciones de cantidades de RSU las cuales han aumentado a cerca de 3 billones de residentes y la generación se ha duplicado a 1.2 (kg RSU/persona*día) (1.3 billones de toneladas por año). En 2025 es probable que la población urbana aumente a 4.3 billones de residentes, generando cerca de 1.42 (kg RSU/persona*día), aproximadamente 2.2 billones de toneladas por año, con el consecuente incremento en emisiones de gases efecto invernadero (GEI) [2].

Los resultados de investigaciones científicas y evidencia práctica confirman que estabilizar las emisiones de gases efecto invernadero requerirá de un esfuerzo enorme y la reducción en emisiones de las fuentes de generación antropogénicas. Sin la limitación de emisiones de gases de efecto invernadero, la concentración de CO_2 crecerá de 385 ppm en el 2008 a un rango entre 490 ppm y 1,260 ppm en el año 2,100 representando un incremento del 75% – 350% (IPCC 2007), elevando la temperatura global entre 4° C - 6°C para el año 2,100 lo que ocasionaría con alta probabilidad la extinción masiva de especies animales y vegetales. Para evitar lo anterior la concentración de CO_2 debe mantenerse a un nivel de 450 ppm en la siguiente década limitando el incremento de temperatura global a un **máximo de 2°C**. La concentración de gas metano (CH_4) en la atmósfera se ha incrementado 250% en la era de industrialización, contribuyendo en un 20% las emisiones antropogénicas de GEI. El sector de RSU contribuye en la actualidad con un 12% de emisiones de metano de origen antropogénico, de ahí la importancia en métodos alternativos para el tratamiento y captura del metano generado por la Fracción Orgánica de RSU (FORSU).

1.2 INTRODUCCIÓN AL PROYECTO Y VISIÓN GENERAL

Como parte de su apoyo a la GMI, la Agencia de los Estados Unidos para la Protección del Medioambiente (USEPA) está evaluando el potencial para la reducción de emisiones de metano de los sectores de tratamiento de aguas residuales, agropecuario y el de rellenos sanitarios en México – miembro de países fundadores de la GMI. Este reporte sirve como un diagnóstico de pre-factibilidad del tratamiento de la FORSU del CETRAN-N, en dónde existe información disponible de la cantidad de RSU que ingresa, no así su caracterización precisa, pero que constituyen una parte muy importante del total de residuos generados diariamente en el municipio. En el diagnóstico se consideran los aspectos técnicos y económicos de la viabilidad para el tratamiento de los residuos y la generación y captura de metano y su valorización energética en electricidad y calor en una Planta de Valorización por Digestión Anaerobia (PVDA).

La información para el desarrollo de este reporte se obtuvo de una combinación de investigación en sitio (realizada en Junio y Julio de 2016) y la revisión de los documentos técnicos pertinentes proporcionados por el Director de Medio Ambiente de Naucalpan, el encargado de Rellenos Sanitarios y diversos departamentos administrativos del municipio. Para este reporte se evalúa un escenario único (ej. Valorización de la FORSU del CETRAN-N por digestión anaerobia para la producción de biogás) del cual se realizan dos análisis de sensibilidad económica, uno considerando que la producción de energía eléctrica se constituye en un ahorro en el consumo eléctrico de la energía que contrata el municipio a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), ahorro por desvío de la entrega de residuos en el Relleno Sanitario (RS) y la venta de composta (escenario de sensibilidad económica base) y un segundo considerando la comercialización y generación de ganancias adicionales (ej. mejora de la viabilidad económica) de las distintas fracciones de inorgánicos (FIRSU) que resultarían de la separación de RSU en una planta para tal fin.

- 1) Descripción del escenario planteado y único: Valorización de la FORSU del CETRAN-N por digestión anaerobia para la generación y captura de biogás y su valorización energética.
 - 1.a) Análisis de sensibilidad económica 1: Consideración de la energía eléctrica generada, ahorros por desvío de disposición final en relleno sanitario y comercialización de una parte de la fracción sólida como composta, como únicas fuente de ingreso o ganancias para las plantas de separación y digestión anaerobia.
 - 1.b) Análisis de sensibilidad económica 2: Comercialización adicional y venta de sub-productos de la separación de la fracción FIRSU como fuente de ingreso adicional para la planta de separación y la de digestión anaerobia

1.3 RESUMEN DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN EN SITIO.

En coordinación con la Dirección General de Medio Ambiente y la Secretaría Técnica de Naucalpan, se solicitó información a las distintas áreas administrativas responsables del registro, reporte y custodia de información de la gestión de residuos sólidos del municipio. Así mismo se llevaron al cabo varias reuniones con los responsables del registro de la información. Así mismo se realizó una visita al CETRAN-N en donde se concentra la llegada de camiones recolectores del municipio (De Aprox. 10m³ de capacidad). En el CETRAN se encuentra una plancha de concreto de aproximadamente 20 x 20m² donde se depositan los RSU, un cargador frontal de gran capacidad para el llenado de tráileres o camiones tipo contenedor (camiones con una capacidad de 20 ton), una báscula para el registro del peso de RSU y la salida de los camiones-contenedor hacia rellenos sanitarios (RS). En su totalidad CETRAN-N dispone de una superficie de 4ha de las cuales sólo se ocupan al momento de la visita 2ha. Como un punto muy importante del CETRAN-N es que no existen trabajadores de reciclaje (comúnmente denominados pepenadores), ni grupos de terceros que se apropien de las fracciones reciclables de FIRSU, lo que otorga el dominio al municipio de los RSU que se encuentran en el CETRAN-N. No ocurre lo mismo con la recolección de los 140 camiones municipales, ya que en los mismos los trabajadores de recolección realizan la separación de RSU al pie de camión (o pie de carro) en cada parada que realizan (ej. punto de recolección) para comercializar parte de la FIRSU, lo cual origina una merma en el volumen de FIRSU que llega al CETRAN-N. De cualquier manera no se conoce ni se tienen estudios del porcentaje de merma de la separación manual. El municipio plantea realizar, entre otros, dichos estudios, dónde para tal fin la **USEPAGMI-Naucalpan** organizaron tres talleres en dónde se dieron cita instituciones de gran prestigio en el área de tratamiento de residuos para la conformación de una “hoja de ruta” en dónde cada institución definirá los costos, tipos de estudios y tiempo que tomará la entrega de dichos análisis para que el municipio cuente con la información indispensable para la toma de decisiones y formulación de un plan integral de tratamiento de residuos en el municipio.

Por lo anterior para elaborar el presente diagnóstico de pre-factibilidad, el coordinador del CETRAN-N basado en su experiencia estima de manera conservadora que la merma de FIRSU por parte de los trabajadores de recolección a pie de los camiones es de un 50%-60%. De tal forma que se asume para el estudio que llegan al CETRAN-N un 40%-50% de FIRSU en mezcla con el FORSU. Para el estudio se tomó el escenario más conservador o escenario-base en dónde se considera un 60% de merma. De la fracción FORSU en la plancha existe generación de líquidos percolados, los mismos se envían a una cisterna de una capacidad de 10m³, los cuales son retirados a su vez por una empresa particular para su tratamiento. Diariamente el CETRAN-N recibió en los últimos dos meses entre 1,300 y 1,400 ton RSU/día, lo que contrasta con el promedio de los últimos 12 meses de 1,040 ton RSU/día, lo que indica una tendencia al alza en la generación de residuos. El trabajo de transporte que realizan los camiones de recolección es de 270 viajes diariamente, cada uno de muy distinto trayecto según la ruta de recolección a la que son asignados. Finalmente todos los RSU que ingresan a la CETRAN-N nunca pasan más de 24

horas en las instalaciones, lo anterior para evitar la acumulación de residuos y malos olores así como la saturación del espacio disponible ante un eventual problema en la logística de recolección (ej. cierre de algún relleno sanitario, huelga de conductores, etc.).

El Presidente Municipal, Edgar Armando Olvera señala que el CETRAN-N es un primer paso para resolver el problema de la basura y que aspira a tener un centro de tratamientos de residuos de alta tecnología como lo tienen otras ciudades, como Singapur, dónde se genera electricidad de origen renovable a partir de los residuos para el alumbrado público.

1.3.1 Métodos para las Estimaciones de Captura de Metano

Se utilizó la metodología descrita por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) para estimar las emisiones de CH₄ y CO₂ de enviarse el RSU (y la fracción FORSU) del CETRAN al relleno sanitario (situación actual). Así mismo se utiliza la metodología para determinar las emisiones correspondientes a la cantidad de biogás producida en un biodigestor anaeróbico si el mismo es valorizado en un motor de cogeneración (CHP) y la electricidad producida se emplea en sustitución de energía eléctrica generada mediante el uso de combustibles fósiles (Emisiones Indirectas Evitadas). De la diferencia entre las emisiones correspondientes a cada proceso se determina el potencial de mitigación de emisiones. Por último y a manera comparativa se presenta la cantidad de emisiones en toneladas de bióxido de carbono equivalente (tpyCO_{2e}) que produciría la planta de biogás si el mismo no se enviara a un dispositivo de combustión (ej. CHP, antorcha de biogás o una caldera) y se liberara a la atmósfera. El comparativo es para ilustrar la importancia de la combustión de metano para la mitigación de su impacto en el calentamiento global.

Las metodologías fueron tomadas de las siguientes referencias:

- **2006 Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero/ IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**
- **2010 Metodología de Estimación de Emisiones de GHG del RTI para Categorías Seleccionadas de Fuentes Biogénicas/ RTI GHG Emissions Estimation Methodology for Selected Biogenic Source Categories**

Para un proceso de digestión anaeróbica, el análisis se divide en la producción de CO₂ y CH₄. Las siguientes ecuaciones se especifican para determinar las emisiones en un reactor anaerobio:

$$P_{CO_2} = 10^{-6} \times Q_{ww} \times OD \times Eff_{OD} \times CF_{CO_2} \times [\lambda(1 - MCF_s \times BG_{CH_4})] \quad \text{Eq. (1)}$$

$$P_{CH_4} = 10^{-6} \times Q_{ww} \times OD \times Eff_{OD} \times CF_{CH_4} \times [\lambda(MCF_s \times BG_{CH_4})] \quad \text{Eq. (2)}$$

Dónde:

PCO ₂	=	Tasa de producción de bióxido de carbono (m ³ CO ₂ /hr)
PCH ₄	=	Tasa de producción de metano (m ³ CH ₄ /hr)
10 ⁻⁶	=	Factor de Unidades de conversión (ton/g)
QWW	=	Tasa de flujo afluyente (m ³ /hr)
OD	=	Demanda de oxígeno de afluentes a la unidad de tratamiento biológica determinada ya sea como DBO ₅ o COD (mg/l = g/m ³)
EffOD	=	Eficiencia de la remoción de la demanda de oxígeno de la unidad de tratamiento biológica

CFCO₂ = Factor de conversión para generación máxima de CO₂ por demanda de unidad de oxígeno.
 = 44/32 = 1.375 g CO₂/g demanda de oxígeno (OD)

CFCH₄ = Factor de conversión para generación máxima de CH₄ por unidad de OD
 = 16/32 = 0.5 g CH₄/g demanda de oxígeno

MCFWW = Factor de corrección de metano para el digestor de lodo, indicando la fracción de demanda de oxígeno afluyente que es convertida anaeróbicamente en la unidad de tratamiento de aguas residuales (ver Tabla 1)

BGCH₄ = Fracción de carbono como CH₄ en biogás generado (base 0.65)

λ = Biomasa producida (g C convertido en biomasa/gC consumido en el proceso de tratamiento de aguas residuales).

Todo el CO₂ generado en un reactor anaeróbico será emitido como CO₂ mientras la mayoría del CH₄ recuperado será convertido y emitido como CO₂ por el aparato de combustión. Tomando en cuenta la eficiencia de la combustión del dispositivo (ej. motor de cogeneración), las emisiones de CO₂ del sistema de recuperación son:

$$X = R_{CO_2} + (R_{CH_4} * DE * \frac{44}{16}) \quad \text{Eq. (3)}$$

Dónde:

X	=	Emisiones de CO ₂ de la recuperación (ton CO ₂ /año)
RCO ₂	=	Cantidad de CO ₂ recuperado (ton CO ₂ /año)
RCH ₄	=	Cantidad de CH ₄ recuperado (ton CH ₄ /año)
DE	=	Eficiencia en la destrucción (fracción)
44	=	Peso Molecular de CO ₂ (kg/kg-mol)
16	=	Peso Molecular de CH ₄ (kg/kg-mol)

Para emisiones de CH₄ del relleno sanitario tenemos:

$$A = \left[\sum_{x=S}^{T-1} \{ W_x L'_x (e^{-k(T-x-1)} - e^{-k(T-x)}) \} \right] \quad \text{Eq. (4)}$$

Dónde:

- A = Generación de CH₄ (ton/año)
 X = Año en el que se dispuso del desecho
 S = Año inicial de cálculo del inventario
 T = Año de inventario para el cual se calculan las emisiones
 W_x = Cantidad de desecho arrojado al vertedero (ton)
 L' = Generación potencial de CH₄ (tonCH₄/ton desecho)
 = Lo * 16/0.02367x10⁻⁶
 Lo = Generación potencial CH₄ (m³CH₄/ton desecho)
 F = Fracción por volumen de CH₄ en el vertedero de gas, generalmente se asume que es 0.5
 K = Reducción de tasa constante (año⁻¹)

Los parámetros de base consistentes con la Regla de Reporte de GHG para rellenos sanitarios de RSU se proporcionan en la Tabla 3.

I. Tabla 3. DOC (Carbón Orgánico Degradable) Recomendado y Valores Proporcionales de Reducción para II. Rellenos Sanitarios

Modelo de Residuo /Tipo de Residuo	DOC	k (Clima Seco) año ⁻¹	k (Clima Moderado) año ⁻¹	k (Clima Húmedo) año ⁻¹
Vertederos RSU –Opción de residuo a granel				
Todos los materiales de	0.2028	0.02	0.038	0.057 desecho
Vertederos RSU – Opción de RSU a granel				
MSW a granel	0.30	0.02	0.038	0.057
Desecho de construcción y	0.08	0.02	0.03	0.04 demolición

Desecho inerte (vidrio, metal, plástico)	0.0	0.0	0.0	0.0
--	-----	-----	-----	-----

Vertederos RSU - Opción específica de desecho

Desecho de comida	0.15	0.06	-	0.185
Desecho de Jardín	0.20	0.05	-	0.10
Desecho de papel	0.40	0.04	-	0.06
Desecho de Madera y Paja	0.43	0.02	-	0.03
Desecho Textil	0.24	0.04	-	0.06
Pañales	0.24	0.05	-	0.10
Lodo de aguas negras	0.05	0.06	-	0.185
Desecho inerte Para emisiones de CO ₂ :	0.0	0.0	-	0.0

(para rellenos sanitarios sin sistemas de colección de gas)

$$B = A * \left[\frac{(1-F)}{F} + OX \right] * \frac{44}{16} \quad \text{Eq. (5)}$$

Dónde:

B	=	Emisiones CO ₂ (ton/año)
A	=	Emisiones CH ₄ (ton/año) (Eq.7)
F	=	Fracción por volumen de CH ₄ en el vertedero de gas (Generalmente se asume que es 0.5)
OX	=	Fracción de oxidación del suelo (se asume 0.1)
44	=	Peso molecular de CO ₂ (kg/kg-mol)
16	=	Peso molecular de CH ₄ (kg/kg-mol)

1.3.2 Métodos para determinar el Potencial de Reducción de Emisiones

Además del potencial de reducción de emisión directa a través de la captura del metano (que actualmente se libera a la atmósfera en el proceso de disposición final en rellenos sanitarios de los RSU que llegan al CTRAN-N), el uso de biogás para generar calor o electricidad puede compensar adicionalmente la demanda de energía de origen fósil, proporcionando por lo tanto una potencial **reducción indirecta de emisiones (IER)**. La captura y uso de biogás tiene el beneficio adicional de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) al desplazar los combustibles fósiles y las emisiones de GEI asociadas. El grado de emisión de reducciones depende del método de conversión de biogás a energía (ej. Motores que funcionen con combustibles fósiles, calderas, hornos, turbinas, etc.).

El potencial de reducción de las emisiones indirectas fue calculado asumiendo que el metano capturado será empleado para generar electricidad usando un motor de CHP, con una **eficiencia de conversión eléctrica neta de 40%** y **92% de disponibilidad del sistema** (ej. El sistema estará apagado 8% de tiempo al año para mantenimiento y reparaciones). Se asume que parte de la

electricidad se contabilizará para disminuir o sustituir en su totalidad la energía que requiera la propia planta de tratamiento así como parte del consumo en iluminación del municipio de Naucalpan (ej. calles, avenidas y edificios propiedad o rentados por el Municipio como oficinas). Además, cuando se usa biogás para generar electricidad, las reducciones de emisiones potenciales son dependientes de la mezcla local de combustible (ej. Fracción de consumo de energía que es suministrado por combustibles fósiles). Para estimar las oportunidades de reducción indirecta de emisiones a través de sustitución de combustibles fósiles con biogás, el kWh/año fue multiplicado por el Factor de Emisión de Electricidad Promedio (ESEF), de conformidad con el inventario de gases de efecto invernadero de México (Programa GEI). El programa GEI de México es un programa nacional para representar y reportar la emisión de gases de efecto invernadero en el país. El programa es una alianza público-privada coordinada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT) y la Comisión de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable (CESPEDES) perteneciente al Consejo Coordinador Empresarial (CCE). El programa es una colaboración con el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD). Las reducciones del Factor de Emisión se resumen en la siguiente tabla.

III. Tabla 4: Factores de Emisión de Electricidad Promedio (ESEF)

Año	ESEF [tCO ₂ e/MWh]
2000	0.6043
2001	0.6188
2002	0.6046
2003	0.608
2004	0.5484
2005	0.5557
2006	0.5246
2007	0.5171
2008	0.4698
2009	0.5057
2010	0.4946
2011	0.5002
2012	0.5165
2013	0.4999

Fuente: Programa GEI México (<http://www.geimexico.org/factor.html>)

Aplicando estas suposiciones si el biogás es usado para generar electricidad, un promedio de ponderación de **0.4999 [tCO₂e/MWh]** fue usado por MWh de electricidad producido. La cantidad reportada más recientemente actualizada es del año 2013.

2. ANÁLISIS TÉCNICO

2.1 RESUMEN TÉCNICO DEL CENTRO DE TRANSFERENCIA DE RSU EN NAUCALPAN

El CETRAN-N está ubicado en el predio conocido como “Paraje el Zopilote” en San Francisco Chimalpa, Naucalpan de Juárez, Estado de México. La función del centro es consolidar en un solo punto (ej. Hub o núcleo logístico) los RSU que recolectan los camiones municipales. Lo anterior tiene el objetivo, entre otros, de incrementar la eficiencia de la red de transporte, aumentando la eficiencia de llenado de camiones de mayor capacidad (20 ton) que parten hacia los rellenos sanitarios de Tepetzotlán y Xonacatlán, lo cual reduce considerablemente las relaciones de transporte o número de viajes y por lo tanto el costo de transportación hacia los rellenos sanitarios así como el impacto ambiental de emisiones por el transporte de RSU. El CETRAN-N se ubica en un terreno propiedad del municipio de aproximadamente **4,000 m²** de los cuales se utiliza actualmente la mitad (2ha) para la recepción de RSU y zona de maniobras de carga y descarga. Se proporciona un resumen de las principales características del centro en la tabla 5. Actualmente el municipio de Naucalpan se encuentra en negociaciones con empresas de recolección privadas, las cuales trasladan a su vez un volumen de 500 ton/d de residuos a la Ciudad de México. El municipio busca que esas 500 toneladas sean transferidas al CTRAN-N en un futuro para generar entre otros, beneficios ambientales y un ingreso adicional para el centro.

Imagen 1. Vista aérea del CETRAN-N (Coordenadas decimales de localización: 19.441216, -99.327872)



CETRAN - Naucalpan	Unidades	Cantidad	Notas
--------------------	----------	----------	-------

Promedio Toneladas al día RSU en

IV. Tabla 5. Resumen de las características del CETRAN-N

CETRAN-N de Camiones de limpia Naucalpan (Vol. 10 m ³ /camión)	ton/d1,104	camiones / Promedio últimos 12 meses 150 camionetas (En Negociación)
Promedio Toneladas al día RSU que va a CDMX de camionetas particulares	500	Transporte Propio de las PYMES / Incluidas en las 1,104 ton/d
Empresas PYME (90 empresas) que entregan en CETRAN-N	ton ha ha m ³ /d?	
Báscula para registro del peso de los camiones	60	
Superficie del CETRAN-N	4	
Área ocupada	2	Empresa privada retira los percolados
Tanque de Percolado del CETRAN-N	10	Empresa privada retira los lixiviados
Lixiviados del CETRAN-N	43	

Imagen 2. Entrada al CETRAN-N y báscula para peso de las unidades



Imagen 3. Aspecto de la placa principal (400 m²) y entrega del RSU en el CETRAN-N



2.2 BASES DE CÁLCULO Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

Se consideran únicamente los RSU disponibles del CETRAN-N para el estudio (1,104 tonRSU/d). Al momento del estudio no existe una caracterización específica de la composición de RSU que llegaran al CETRAN, por lo que se realizó una investigación bibliográfica y se tomó la caracterización disponible hecha por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por la Facultad de Estudios Superiores Acatlán (FES-Acatlán) para RSU de Naucalpan en el año 2013 [1]. En el año 2013 no existía el CETRAN-N por lo que la caracterización se basa en el muestreo aleatorio de 25 camiones de recolección y se llevó a cabo durante una semana, de lunes a viernes, con una muestra por cuarteo y una masa de 20kg por camión. El estudio se complementa con un estudio de caracterización del INECC en el 2012, donde se determina una composición de un 45% de FORSU y un 55% de FIRSU en promedio para el Estado de México. Por lo que respecta al potencial de metano, se utiliza un promedio de producción de diversos experimentos de actividad metanogénica a falta de una caracterización específica del potencial de los residuos FORSU provenientes del CETRAN-N. En la Tabla 6 se muestra la caracterización utilizada para el FORSU.

Respecto a las variables económicas y financieras, se consideran de tres (análisis económico Escenario I) a cuatro (análisis económico Escenario II) ahorros potenciales, el primero en energía eléctrica de la electricidad generada por CHP, segundo, el ahorro en costos de disposición de los RSU hacia rellenos sanitarios ubicados a 40 km a 50 km (Naucalpan Tepetzotlán) y de 60 km a 68 km (Naucalpan-Xonacatlán) respectivamente (en función de la ruta). En tercer lugar el ahorro potencial por la valorización de la fracción sólida de digestato (Aprox. 24% por balance de masa de la cantidad total de digestato) y cuarto y último, para el Escenario II, análisis de sensibilidad económica, la consideración de la venta de la fracción FIRSU (ej. que se encuentra en el RSU que llega a la CETRAN-N después de la merma ocasionada por la

segregación de RSU por los trabajadores de limpia de los camiones recolectores del municipio, la cual se efectúa al pie del camión recolector).

En lo relativo a las variables para la determinación de salud financiera del proyecto, se tomaron los parámetros definidos para tal efecto por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS). En la Tabla 7 se resumen las bases de cálculo de los parámetros económicos y financieros considerados en el estudio y de manera independiente en la tabla 8 se resumen las bases de cálculo de los valores de mercado para las distintas fracciones de FIRSU.

V. Tabla 6: Caracterización bibliográfica, física y química del FORSU

No.	Substrato	ST	SV	ST	SV	SV/ST	CH ₄	%CH ₄
		[gST/kgFM]	[gST/kgFM]	%	%	[-]	Nm ³ CH ₄ /tonSV	[Vol%]
1	FORSU	400	200	40%	20%	50%	370	60%

VI. Tabla 7: Bases de cálculo de variables económicas y financieras

Parámetros Económicos	Unidades	Cantidad	Nota
Costo retiro a RS	\$/ton	385	Relleno Sanitario
Costo de Electricidad en Edificios	\$/kWh	1.48	Recibos CFE
Considerar que en el Centro de Costo de la Composta vende en \$200 en la actualidad.	\$/ton	92.50	Compostaje Jiutepec, Morelos, la ton se
Tipo de cambio	\$/USD	20.50	Promedio último mes Julio 2016
Parámetros Financieros	Unidades	Cantidad	Nota
Capital líquido inversionista privado	%	20	Fuente, BANOBRAS
Recursos del Gobierno Federal (Apoyo)	%	50	Fuente, BANOBRAS
Préstamo(s) Bancario(s) Inversionista Privado	%	30	Fuente, BANOBRAS
Tasa de interés*	%	9	Suposición Ref. [2]
Período de amortización**	años	7	
Impuestos	%	28	ISR SAT-2016

* La tasa de interés propuesta es una tasa de crédito blando para proyectos públicos. Dicha información no está disponible por BANOBRAS. La tasa se tomó de acuerdo a investigadores en el área de financiamiento público, referencia [2].

** El período de amortización se considera de las condiciones de préstamo para proyectos en energías renovables que utiliza por ejemplo el FIDE. El mismo tampoco está disponible o sugerido por BANOBRAS.



VII. Tabla 8: Costos de mercado y volúmenes considerados para la venta de las fracciones separadas del FIRSU

RECICLAJE FIRSU (2015)	Costo	Porcentaje	Cantidad	Valor	Notas
	\$/ton	%	ton/año	\$/año	
Papel blanco	2,500	2.93%	3876.84	\$ 9,692,090	UNAM, FESC Acatlán
Papel periódico	600	4.06%	5372.00	\$ 3,223,199	UNAM, FESC Acatlán
Papel revistas	2,000	1.29%	1706.87	\$ 3,413,733	UNAM, FESC Acatlán
Cartón	2,000	5.28%	6986.24	\$ 13,972,488	UNAM, FESC Acatlán
Botellas de vidrio transparente	600	6.00%	7938.91	\$ 4,763,348	Máx. 5% contaminante / 95% impacto ambiental
Botellas de vidrio ambar	500	2.19%	2897.70	\$ 1,448,852	Máx. 10% contaminante
Botellas de vidrio verde	400	3.20%	4234.09	\$ 1,693,635	Máx. 20% contaminante
PET	3,000	2.55%	3374.04	\$ 10,122,115	UNAM, FESC Acatlán
Bolsas de plástico	?	5.20%	6880.39	\$ -	UNAM, FESC Acatlán
Latas de lámina de fierro	1,000	2.19%	2897.70	\$ 2,897,703	UNAM, FESC Acatlán
Fierro	1,500	2.20%	2910.93	\$ 4,366,402	UNAM, FESC Acatlán
Latas de aluminio	17,000	4.20%	5557.24	\$ 94,473,070	Seco y limpio / -10% sucio / Reduca 95% impacto ambiental
Combustible Derivado de Residuos (CDR)	-	-	-	\$ -	
Total				\$ 150,066,634	

Considerando los supuestos de merma definidos por el encargado de la Gerencia de Rellenos Sanitarios (Ej. Caso del peor escenario), la tabla 8 muestra las distintas fracciones consideradas para el estudio y el valor de las fracciones inorgánicas.



VIII. Tabla 9: Bases de cálculo considerando la merma de FIRSU por separación manual durante la recolección de RSU en camiones del municipio

Bases de cálculo - Resumen residuos disponibles - CETRAN-N	Unidades	Cantidad	Notas
Promedio RSU hacia CETRAN-Naucalpan	ton/día	1,104	Registro 12 meses / Gerencia R.S.
60% Merma de FIRSU del 55% de la composición de RSU	%	33	Se pierde en segregación manual
Porcentaje FIRSU que llega a CETRAN-N (55%-33%)	%	22	Se encuentra mezclado CETRAN-N
FIRSU que llega a CETRAN-N	ton/d	362.5	FIRSU-CETRAN-N
FORSU que llega a CETRAN-N	ton/d	741.5	FORSU-CETRAN-N
Total FIRSU	ton/d	1,647	FIRSU Total
Merma de FIRSU	ton/d	543.7	Merma por segregación manual
Cantidad parcial RSU sin grandes generadores	ton/d	1,914	Falta conocer lo que va a rellenos sanitarios de Xonacatlán y Tepozotlán por la empresa GEM
Eficiencia de separación en FORSU	%	80	Suposición
Cantidad de FORSU disponible CETRAN-N	ton/d	593.2	Después de segregación

2.3 SEPARACIÓN DE RSU Y TRATAMIENTO DE LA FRACCIÓN FORSU POR DIGESTIÓN ANAEROBIA HÚMEDA

2.3.1 Tecnología de separación de RSU y obtención de las fracciones FIRSU y FORSU Para ser posible operar la planta de tratamiento de FORSU se requiere obtener la fracción orgánica de la materia prima disponible en el CETRAN-N, por lo que es necesaria una planta de separación de RSU en sus fracciones orgánica e inorgánica. En realidad se tratan de dos proyectos o plantas distintas, una la de separación mecanizada de RSU y la otra de tratamiento y valorización de FORSU. Por esta razón es posible ya sea la construcción de ambas plantas en un solo terreno, de estar disponible la superficie total para evitar costos de transporte, o su separación y construcción en dos terrenos distintos (ej. caso de la estrategia de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos del Estado de Morelos (eGRISEM) dónde las plantas de separación se encuentran localizadas en terrenos independientes a las de compostaje).

El dimensionamiento de la planta de separación de RSU, depende de la capacidad o cantidad de RSU, así mismo de la tecnología de separación, la cual se puede dividir en altamente automatizada o de baja automatización. De igual forma de esto depende el número de empleados (lo que representa un costo operativo importante). Para el estudio se selecciona tecnología de baja automatización. La planta se divide principalmente en tres secciones:

1. Área de recepción: El área de recepción es dónde se pesan los camiones al ingreso a la planta y dónde se depositan los residuos. Normalmente se diseña para una capacidad mínima de 2 días. Lo anterior se debe a que la planta puede recibir RSU durante un horario en el cual no se encuentra en operación, de igual forma que evita que se formen grandes filas de camiones que no pueden ingresar a la planta y alteran por tanto el tránsito local. Bajo este criterio y para el número de toneladas por día, el cual se determina en 1,104 toneladas, se requiere aproximadamente una superficie de 2,800m². (ej. Actualmente el CETRAN-N dispone de una plancha de 400m² en un área de uso de 2,000m²)
2. Área de procesamiento: El área está relacionada directamente con la capacidad y líneas de separación de las distintas fracciones de FIRSU y FORSU. Para el presente caso se consideraron bandas de alimentación, bandas de procesos de separación, plataformas de separación, unidades trommel, magnetos ferrosos y magnetos no ferrosos. Así mismo empacadoras o procesadoras por cada una de las líneas o sub-productos generados como empacadoras de papel, PET, metales, granuladora de poliestireno de alta densidad y trituradora de vidrio o cristal. También se considera equipo o carros auxiliares (ej. Rolling stock) e independientemente del área requerida los costos del edificio para el equipo de proceso, costo del equipo, instalación, ingeniería y gastos contingentes. El área estimada para el área de procesamiento es de 5,500 m² como mínimo.
3. Área de Almacenamiento: El área requerida está determinada en gran parte por el desplazamiento de los subproductos ya separados hacia el mercado o canales de distribución. Los productos de papel deben ser almacenados bajo techo y paredes, compactados en pacas y subidos a camiones o tráileres. Frecuentemente los clientes de dichos productos determinan el tipo de vehículo en el que transportan la mercancía. Lo mismo ocurre para las latas de fierro y

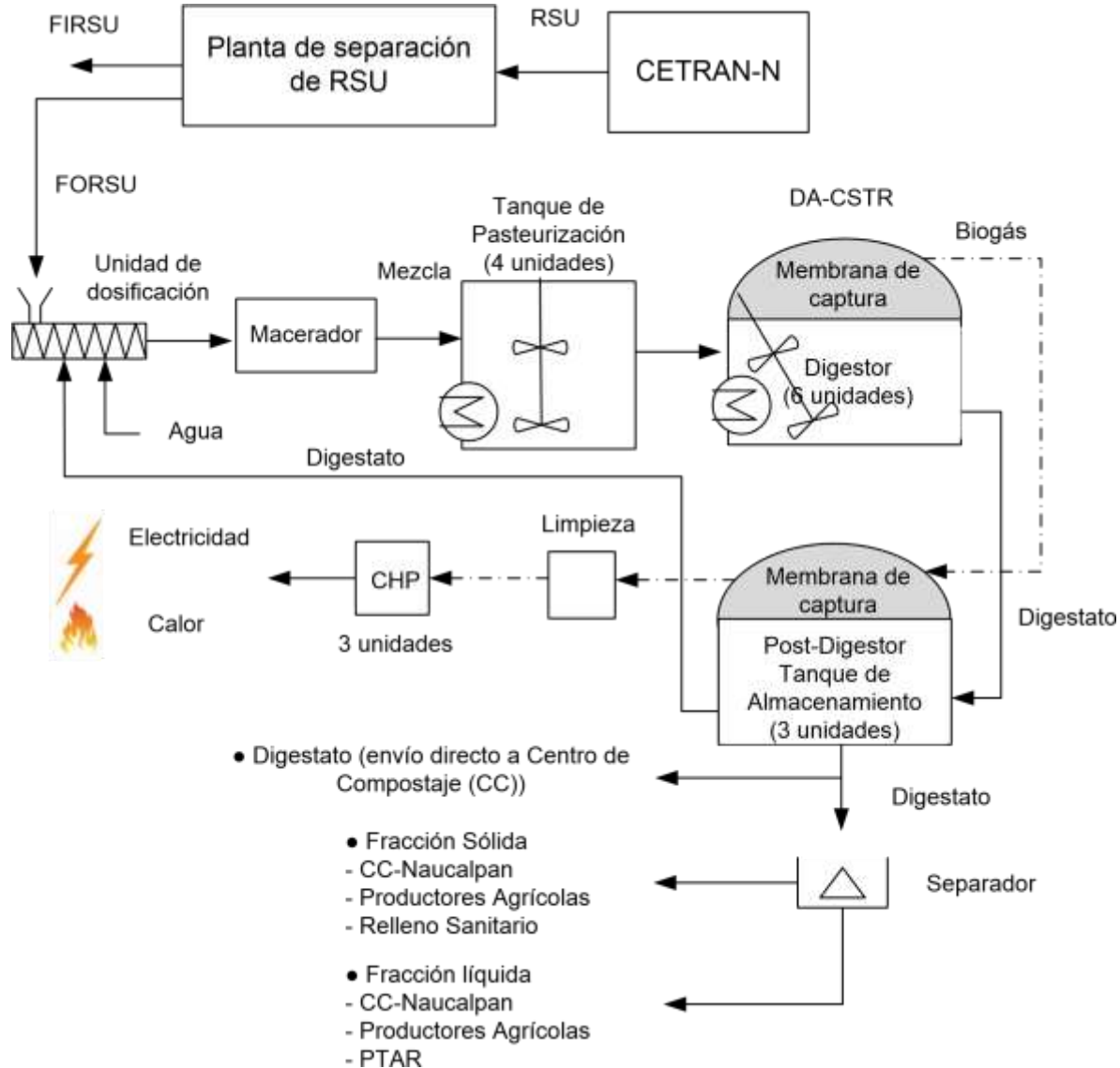
aluminio aunque pueden almacenarse bajo techo o a la intemperie. En cualquier caso se necesita un área techada para productos que no permiten humedecerse o mojarse y un área sin techo o a la intemperie. De acuerdo a prácticas más comunes, el área conjunta estimada para la capacidad de la planta se estima en al menos 3,250m².

De lo anterior se requieren para las áreas de recepción, separación o procesamiento y almacenamiento de entre 11,550m² como mínimo a 15,000m² como máximo. El rango anterior está basado en un promedio de áreas mínimas y máximas de plantas de separación en operación. Así mismo dependerá del fabricante, tipo de tecnología y diseño de la planta y subsistemas. El costo total de la planta se aproxima a \$195'102,702 millones de pesos (Aprox. U\$9'517,205 dólares a un tipo de cambio de 20.5 pesos/USD).

2.3.2 Diseño AD-CSTR

De los RSU disponibles en el CETRAN-N se obtendrían aproximadamente **593 ton FORSU/d** (Tabla 9). Después de la separación mecánica en la planta de separación, dicha fracción es ideal para valorizarse en un proceso de digestión anaeróbica húmeda debido a que se encuentra libre de plásticos y materiales que puedan dañar los equipos de proceso. Se propone un reactor de agitación continua (DA-CSTR) por poder manejar un contenido de sólidos totales hasta del 15%. En este tipo de reactores los agitadores únicamente se activan por períodos de 10 a 15 minutos por hora; reduciendo el consumo de energía mientras homogenizan la mezcla del reactor de manera adecuada. En la parte superior del tanque del reactor se instala una membrana doble de captura de biogás. Además de capturar el biogás, la membrana se usa como un tanque de almacenamiento lo cual tiene un efecto de amortiguamiento que garantiza un suministro constante de biogás, lo que a su vez permite una operación ininterrumpida del motor de cogeneración (CHP) evitando así las variaciones en el suministro de biogás. Normalmente el volumen es calculado para 8 horas de operación continua en la unidad de cogeneración o CHP a plena carga. El calor de la generación de energía también puede ser capturado y empleado para calentar los tanques de pasteurización y metanización – acelerando las tasas de reacción anaeróbica y la generación de metano. Finalmente el lodo digerido, denominado “digestato” es removido al final del proceso de digestión anaeróbica. El digestato resultante tiene una demanda menor de DBO y DQO que al inicio del proceso, sin embargo no puede arrojarse al drenaje directamente, pues aún presenta un alto nivel de DQO y fertilizantes orgánicos (NPK). Normalmente el digestato es además procesado en un filtro doble tela (FDT), prensa de tornillo o separador centrífugo, para separar la fracción sólida de la líquida. Para el presente caso se podría usar directamente para las pilas de compostaje (como digestato) en un %ST similar al que tienen

Imagen 4. Diagrama de proceso de valorización de RSU-FIRSU/FORSU-RECICLAJE/ENERGÍA



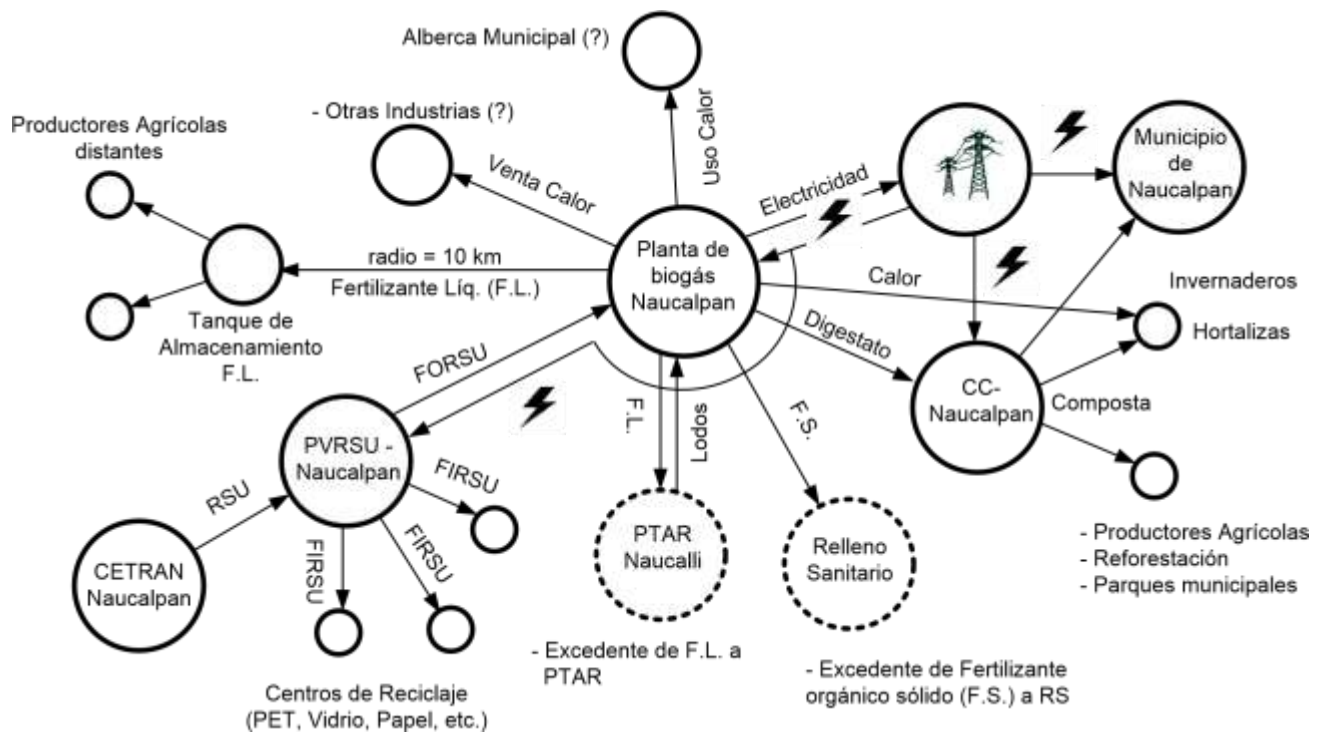
Fuente: Tetra Tech

Experimentado en otros centros de compostaje (ej. 6% ST) como el de Jiutepec, Morelos. La fracción líquida sobrante del proceso de separación, rica en amonio mineral (NH_4^+), puede ser utilizada de preferencia como un mejorador de suelos y abono líquido, (la cual puede venderse o entregarse a los campesinos o productores agrícolas locales ubicados en un radio de 10 km de la planta). El territorio de Naucalpan tiene un porcentaje considerable de área rural (Aprox. 55% del territorio). La fracción sólida iría contenida en la mezcla al 6% ST para el proceso de compostaje, lo cual elevaría notablemente la calidad de la composta por ser un fertilizante orgánico de alta calidad (ej. Proyecto para el Centro de Compostaje existente en Naucalpan).

Si no hay un uso de la fracción líquida del digestato, el excedente puede ser enviado para su tratamiento a una planta de tratamiento de aguas residuales PTAR para fines de estabilizar y disminuir la carga contaminante del digestato líquido (opción menos recomendable por el costo de tratamiento y el evitar cerrar el ciclo de nutrientes con su re-incorporación a la tierra). Para la planta de digestión anaerobia se estima necesario un mínimo de 5,500 m² de superficie para su construcción.

Desde el punto de vista de una red logística y plan de negocios, el modelo propuesto se representa de manera simplificada en la Imagen 5, en dónde los nodos son las plantas de proceso y las flechas el trabajo de transporte el cual puede ser a través de vehículos, tubería y/o tendido eléctrico. A su vez existiría un flujo de efectivo y un flujo de información el cual complementaría al flujo de materiales propuesto.

Imagen 5. Diagrama logístico y plan de negocios de la cadena de valor de Residuos-en-Energía



Fuente: Tetra Tech

En el esquema se muestra la planta de biogás separada de la planta de separación de RSU (Planta de Valorización de RSU – PVRSU) con el objetivo de remarcar que se tratan de dos plantas y procesos distintos, las cuales pueden estar ya sea en un solo terreno o en terrenos separados. Así mismo la PTAR y el RS se muestran en línea punteada para indicar que es la opción menos

deseable, sin embargo no se puede descartar que una fracción excedente del fertilizante orgánico producido, tanto líquido como sólido, tengan que ser enviadas a estos nodos para su post-tratamiento o disposición final, ya que esto sólo se puede determinar por la demanda de los canales de distribución o clientes que utilicen el fertilizante (ej. productores privados, jardines públicos, programas de reforestación, etc.). De manera óptima tanto las fracciones sólidas y líquidas deben de ser usadas como fertilizantes orgánicos, lo cual cierra el ciclo de nutrientes, disminuye el impacto al medio ambiente (ej. disminución de GEI al sustituir fertilizantes químicos de origen fósil por orgánicos y la concomitante reducción de emisiones) y complementa una economía circular.

IX. Tabla 10: Resumen de los parámetros de diseño de la planta de digestión anaerobia húmeda de FORSU

Parámetro ¹	Unidad	PVDA
FORSU (Julio 2016) ²	(ton/día)	593
Requerimiento HRT (37°C)	(días)	≥ 40
Requerimiento OLR (30°C)	(kg VS/m ³ -día)	≤ 5.0
Temperatura del sustrato	(°C)	37
%ST	(%)	15
Remoción de ST	(%)	70%
Vol. Nominal por Reactor (V_n) ³ (6 unidades)	(m ³)	4,449
Volumen de Líquido (V_L)	(m ³)	3,955
Diámetro exterior del Reactor	(m)	25.7
Altura del reactor (H_R)	(m)	9
Altura del Líquido (H_L)	(m)	8
Altura del Domo de Gas (H_G)	(m)	5
Altura Total del Reactor (H_T) ⁴	(m)	14
Capacidad Eléctrica Instalada	(kWe)	7,928

¹ Todos los valores se basan en residuos y capacidades pronosticadas hasta Julio de 2016.

² Total aproximado de FORSU disponible en el CETRAN-N asumiendo separación mecánica

³ Reactor de Concreto reforzado. Se señalan las dimensiones de un reactor, se requieren de 6 unidades ⁴ Con base en una capacidad de almacenamiento para operar al menos durante 8 horas una unidad CHP a toda su capacidad.

Para el caso evaluado las dimensiones del DA-CSTR se encuentran dentro del tamaño del reactor de digestores anaerobios que operan actualmente en diversas instalaciones alrededor del mundo. La capacidad eléctrica instalada puede ser suficiente para operar toda la planta de

DA y exportar un excedente considerable (aprox. 90%) de electricidad a la red. Será decisión del Municipio de Naucalpan evaluar si procesa todo el volumen del FORSU disponible en el CETRAN o sólo una fracción del mismo.

2.4 DIMENSIONAMIENTO DE LAS PLANTAS DE SEPARACIÓN DE RSU Y DE DIGESTIÓN ANAEROBIA HÚMEDA Y PARÁMETROS DE DESEMPEÑO

X.Tabla 11: Dimensionamiento de la planta de digestión anaerobia

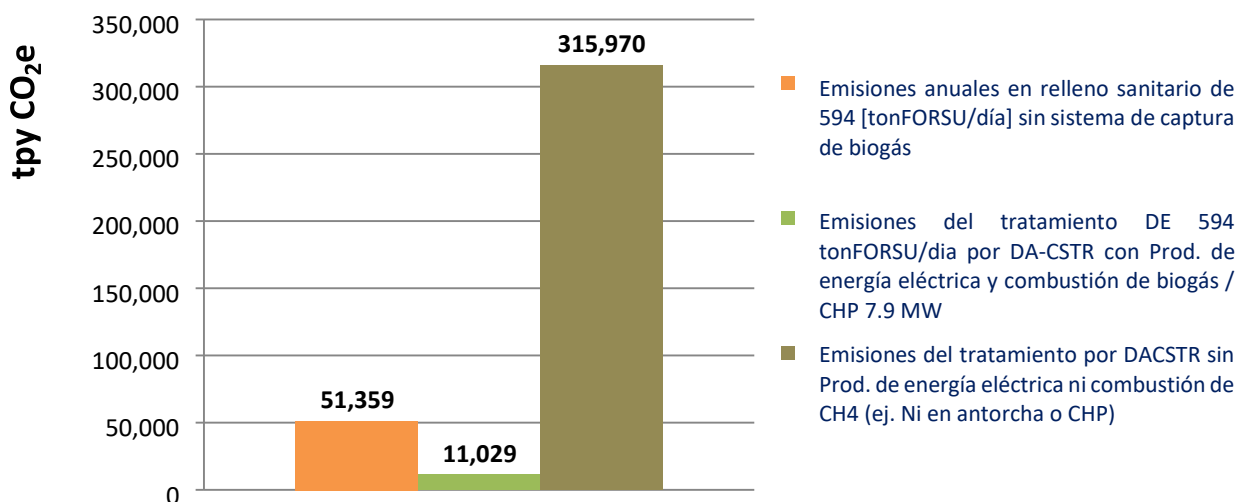
Dimensionamiento	Cantidad	Unidades
Planta de separación de RSU		
Área de recepción de RSU	2,800	m ²
Área de separación FIRUSFORSU	5,500	m ²
Área de almacenamiento	3,250	m ²
Total de area requerida	11,550	m ²
Planta de digestión anaerobia húmeda		
Área requerida	5,000	m ²
Tanques		
Volumen de pasteurización	2,966	m ³
Volumen de digestión	27,117	m ³
Volumen de almacenamiento	34,828	m ³
Producción de biogás		
	26,703,618	
Anual		Nm ³ biogas/año
Diária	73,161	Nm ³ biogas/día
Por hora	3,048	Nm ³ biogas/hr
Masa anual de biogás	30,015	ton/año
Prod. por ton de biomasa	40	Nm ³ biogás/ton
Prod. metano por ton de biomasa	24	Nm ³ CH ₄ /ton
Parámetros clave		
CH ₄ para unidad de cogeneración	16,022,171	Nm ³ CH ₄ /año
CHP factor de planta	92	%
Horas de operación a carga máxima	8059	hr/año
Energía suministrada	159,741,042	kW
Eficiencia motor cogeneración	40	%
Capacidad instalada	7,928	kWe
Generación eléctrica	63,896,417	kWhe/año
Digestato		
Volumen anual de digestado	186,204	ton/año

Horas de operación	2,080	h/año
Capacidad del separador	90	ton/h
ST en fracción sólida	35.00	%
ST en fracción líquida		2.50 %

2.5 POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

La metodología del IPCC del año 2006 fueron utilizadas, como se describió en la Sección 1.3, para estimar los escenarios potenciales de reducción de emisiones, los resultados se presentan de manera gráfica en la siguiente gráfica.

Imagen 6. Potencial de Reducción de Emisiones



Para el caso de las 593 ton/día de FORSU del CETRAN-N las emisiones de CO₂e por su disposición en relleno sanitario totalizan 51,359 tpyCO₂e. Las emisiones por el tratamiento de los residuos a través de la biodigestión del FORSU en el reactor DA-CSTR propuesto y su combustión en un CHP serían aproximadamente 11,029 tpyCO₂e, considerando el potencial de reducción indirecta de emisiones (IER) para la producción de energía renovable en la unidad CHP (es decir, en sustitución de la electricidad producida por combustibles fósiles de acuerdo al factor de emisión de electricidad promedio para México). Las emisiones equivalentes en el caso de que no ocurriera destrucción o combustión del metano generado en el proceso de biodigestión, escaparían a la atmósfera (ej. caso únicamente con propósito ilustrativo de la importancia de la combustión del metano, ya que el objetivo de una planta de digestión anaerobia es la captura de biogás para su valorización en energía, no su liberación a la atmósfera) en dicha circunstancia las emisiones alcanzarían **315,970 tpyCO₂e**.

El potencial de reducción de emisiones es la diferencia entre la situación actual (ej. disposición de FORSU en relleno sanitario) y la situación propuesta de tratamiento de FORSU en una planta industrial de digestión anaerobia. El potencial de reducción es de un **78%** correspondiente a **40,330 tpyCO₂e**. Finalmente para remarcar la importancia de la combustión de metano, el impacto de las emisiones de CH₄ de la planta industrial de tratamiento sin que pasaran por un dispositivo de combustión (ej. antorcha de biogás, boiler o motor de cogeneración) serían equivalentes aproximadamente a 28 veces las emisiones de la captura controlada con combustión de metano y generación eléctrica renovable en sustitución de energía de origen fósil.

3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Debido a la limitación en la caracterización de los residuos en el municipio de Naucalpan, se hicieron muchas suposiciones durante este estudio de pre-factibilidad; las más importantes se encuentran listadas en la última parte de esta sección. Todos los ingresos y costos considerados en este estudio de factibilidad son preliminares y se basan en otros proyectos similares que han sido construidos en diferentes ubicaciones. Estos costos deberán ser confirmados o ajustados con mayor detalle en una etapa posterior del proceso de desarrollo, particularmente cuando el diseño conceptual y la respectiva tecnología hayan sido elegidas (como parte de los resultados de los experimentos de caracterización que se realicen por el Municipio en colaboración con la Facultad de Química de la UNAM).

Para resaltar la importancia de la venta de la fracción inorgánica (FIRSU) para incrementar la viabilidad económica del proyecto, se hace un análisis de sensibilidad y se definen los dos escenarios siguientes:

- 1) **Escenario I (Base):** Viabilidad del proyecto únicamente con ahorros de energía eléctrica y costos evitados por disposición del FORSU en RS
- 2) **Escenario II:** Viabilidad del proyecto con ahorro de energía eléctrica, costos evitados por disposición del FORUS en RS y venta de las distintas fracciones de FIRSU

La factibilidad económica para los Escenarios I y II se resumen en las tablas 10 y 11.

Escenario I (Base) – Viabilidad del proyecto únicamente con ahorros de energía eléctrica y costos evitados por disposición del FORSU en RS

Bajo este escenario de viabilidad económica se evalúa escenario menos viable, que es considerar que la energía eléctrica generada serán ahorros en consumo de electricidad para el Municipio de Naucalpan. Es decir que la energía eléctrica generada del tratamiento se utilizaría para sustituir la energía eléctrica que se compra en la actualidad a la CFE. El potencial eléctrico total que puede ser generado es considerable (7,928 kW). El costo promedio que se considera de la electricidad vendida por CFE al Municipio es de \$1.41 MX\$/kWh (Aproximadamente \$0.089 US\$/kWh al tipo de cambio correspondiente al promedio anual del 2015).

Adicionalmente se consideran los ahorros por evitar la disposición final en relleno sanitario (RS), ya que los residuos se enviarían a la planta de tratamiento en lugar del RS (e incluso del CETRAN-N). De acuerdo a lo anterior se calcula un ahorro por concepto de generación eléctrica de \$5'111,713 USD. Por concepto de ahorro por envío del FORSU a RS se consideró un costo unitario de \$385 MX\$/ton, de acuerdo a los registros del Municipio (Equivalente a US\$20.81 US\$/ton), lo que generaría un ahorro de US\$4'505,870 sólo por concepto de FORSU (ej. El FIRSU sería enviado a centros de reciclaje para su venta). Por último un ahorro adicional puede considerarse el envío de la fracción sólida de digestato para su compostaje, el cual sería utilizado por el municipio para sustitución de abonos químicos. Aunque su aporte a los ahorros netos no

es considerable (ej. cálculo conservador) se asume un costo por tonelada de \$92.5 MX\$/ton (ej. en Morelos la composta producida por el Municipio de Jiutepec en su Centro de Compostaje se comercializa en \$200 MX\$/ton). El ahorro por este concepto sería de US\$224,774). El ahorro neto por los tres conceptos sería de US\$5'242,357 dólares americanos.

Escenario II – Viabilidad del proyecto con ahorro de energía eléctrica, costos evitados por disposición del FORUS en RS y venta de las distintas fracciones de FIRSU

El segundo escenario ilustra la importancia del reciclaje y comercialización de las distintas fracciones del FIRSU para mejorar la viabilidad económica del proyecto. En la siguiente tabla se muestran nuevamente los costos aproximados por tonelada de cada una de las distintas fracciones reciclables así como las ton/año de acuerdo a las suposiciones hechas para el FIRSU que llega al CETRAN-N (Capítulo 2.2, Tabla 7).

XI. Tabla 12: Valor de mercado de las distintas fracciones FIRSU

RECICLAJE FIRSU (2015)	Costo	Porcentaje	Cantidad	Valor	Notas
	\$/ton	%	ton/año	\$/año	
Papel blanco	2,500	2.93%	3876.84	\$ 9,692,090	UNAM, FESC Acatlán
Papel periódico	600	4.06%	5372.00	\$ 3,223,199	UNAM, FESC Acatlán
Papel revistas	2,000	1.29%	1706.87	\$ 3,413,733	UNAM, FESC Acatlán
Cartón	2,000	5.28%	6986.24	\$ 13,972,488	UNAM, FESC Acatlán
Botellas de vidrio transparente	600	6.00%	7938.91	\$ 4,763,348	Máx. 5% contaminante / 95% impacto ambiental
Botellas de vidrio ambar	500	2.19%	2897.70	\$ 1,448,852	Máx. 10% contaminante
Botellas de vidrio verde	400	3.20%	4234.09	\$ 1,693,635	Máx. 20% contaminante
PET	3,000	2.55%	3374.04	\$ 10,122,115	UNAM, FESC Acatlán
Bolsas de plástico	?	5.20%	6880.39	\$ -	UNAM, FESC Acatlán
Latas de lámina de hierro	1,000	2.19%	2897.70	\$ 2,897,703	UNAM, FESC Acatlán
Fierro	1,500	2.20%	2910.93	\$ 4,366,402	UNAM, FESC Acatlán
Latas de aluminio	17,000	4.20%	5557.24	\$ 94,473,070	Seco y limpio / -10% sucio / Reduca 95% impacto ambiental
Combustible Derivado de Residuos (CDR)	-	-	-	\$ -	
Total				\$ 150,066,634	

*En la tabla las cantidades se presentan en pesos mexicanos, correspondientes al estudio de la UNAM.

El potencial eléctrico total que puede ser generado es el mismo que en el *Escenario I* (Capacidad instalada de 7,928 kW). Adicional al ahorro neto de energía eléctrica, disposición del FORSU en el RS y el uso de la fracción sólida en un centro de compostaje, los cuales totalizan US\$5'242,357, se podrían sumar los ingresos por comercialización de las fracciones del FIRSU. La ganancia por comercialización de FIRSU en sus distintas fracciones sería de US\$8'111,710 adicionales, lo que elevaría los ingresos netos a US\$12'995,329.

NOTA: Para facilidad de presentación de la viabilidad económica se presentarán los cálculos en **dólares americanos**, ya que su actualización es más sencilla para el lector en función de la volatilidad del peso.

XII. Tabla 13: Resumen de Escenarios I y II de viabilidad económica

Resumen de viabilidad económica		Escenario I	Escenario II
Parámetro	Unidad	Ahorros energía eléctrica y RS	Ahorros en energía eléctrica, RS y venta de FIRSU
Potencial eléctrico total	kW	7,928	7,928
Potencial térmico (exportación)	kWt	6,779	6,779
CAPEX	US\$	\$ 37,719,411	\$ 37,719,411
OMEX	US\$/Año	\$ 4,851,347	\$ 4,851,347
Ingreso neto anual	US\$/Año	\$ 4,990,826	\$ 12,311,334
Retorno de inversión	Años	7.2	2
ROI (10 años)	%	21	78
Fuente del Ingreso Total			
Ahorro de electricidad	US\$	\$ 5,111,713	\$ 5,111,713
Ahorro en disposición de RS	US\$	\$ 4,505,870	\$ 4,505,870
Ahorro en composta	US\$	\$ 224,774	\$ 224,774
Venta de fracciones FIRSU	US\$	-	\$ 7,320,324

3.1 SUPUESTOS O SUPOSICIONES CLAVES

En estos escenarios - incluyendo costos de proyecto e ingresos- hay múltiples supuestos considerados; se muestra una lista de los más importantes que están reflejados en las cantidades incluidas en los análisis:

- Costos de contingencia de 5% para CAPEX y OMEX.
- No se consideraron regalías (ventas) sino **ahorros** por lo que toca a electricidad, disposición de FORSU en RS y utilización de la fracción sólida para composta.
- No se consideraron ahorros por uso de calor (ej. escenario optimista).
- No se consideraron costos por tratamiento de la fracción líquida de digestato (ej. la localización de la PVDA es volátil al momento del estudio).
- No se consideraron ahorros por uso del digestato líquido para el proceso de compostaje o como fertilizante orgánico para productores agrícolas de la región (ej. incertidumbre en canales de distribución).
- Se consideraron ventas de las fracciones FIRSU para el *Escenario II*, adicional a los ahorros por consumo de energía eléctrica, disposición en RS y uso de composta en el municipio.
- Costo de Electricidad de \$0.089 US\$/kWh
- Se consideró un porcentaje de 92% de disponibilidad para la planta, lo cual implica que los grupos electrógenos serán operables por 8,059 horas al año.
- Se consideró una carga eléctrica parásita de 10% necesaria para el sistema DA interno
- Se consideró una carga térmica parásita de 10% necesaria para la pasteurización y el reactor de metanización. Se considera además la eficiencia de 40% del motor de cogeneración y pérdidas de un 22% en los gases de escape del motor de cogeneración.
- No se consideraron costos directos relacionados para el manejo o desecho de digestato.
- No se consideran costos directos relacionados al manejo de la fracción sólida.
- El mantenimiento de los grupos electrógenos considerado fue con base en costos actuales en el mercado; el costo fue calculado por kW/h generado. Las economías de escala son aplicables a este costo, motores más grandes tienen menos costo de mantenimiento (por kW/h generado).
- El tratamiento de biogás incluye remoción de vapor de agua y de sulfuro de hidrógeno (H₂S) a niveles aceptables para ser inyectado al motor de cogeneración CHP (ej. > 500 ppm).
- No se consideraron pagos de impuestos por inmuebles- tales como costos de predial - en ninguna parte del análisis financiero
- Se considera el esquema de financiamiento usado por el FONADIN, el cual supone un 50% de apoyo, 30% aportado por un inversionista privado mediante financiamiento y 20% aportado por un inversionista privado al inicio del proyecto. El objetivo del FONADIN es que los municipios no aporten recursos.
- Se considera un 28% de I.V.A., una tasa de interés del 9% y un período de amortización del préstamo de 7 años.
- Se consideraron costos laborales para la construcción de reactores e infraestructura. Adicionalmente se consideraron el siguiente personal para la operación de las plantas:

XIII. Tabla 14. Personal para la operación de las plantas

Personal considerado*		
Puesto	PVDA**	PVRSU***
Operadores	30	80
Gerente	2	3
Director de Planta	1	1
Contador	1	1
Secretarias	2	2
Limpieza	8	12
Mantenimiento	Incluido en operadores	4
Costos de Seguridad Social	40%	40%

*Los costos laborales se muestran en la tabla 15

**PVDA: Planta de Valorización de Digestión Anaerobia

***PVRSU: Planta de Valorización de RSU

Los ahorros en electricidad, disposición en RS y compostaje (Escenario I) y comercialización de FIRSU (Escenario II), permiten respectivamente el pago de la planilla o equipo de trabajo para operar cada una de las planta(s) en cuestión de manera óptima. Un aspecto clave de la operación exitosa del DA-CSTR y PVRSU, es un personal dedicado y entrenado que cuida los parámetros de cada proceso y el desempeño adecuado del equipo así como los flujos de caja y registros técnicos y contables en una base regular para asegurar la operación y ganancias de la inversión presupuestada. No se debe reducir la planilla de personal propuesto, ya que se pone en riesgo considerable la operación exitosa de las plantas y por tanto de la inversión.

XIV. Tabla 15: Análisis Económico

Análisis de viabilidad Digestión Anaeróbica en Húmedo (DAH)			Escenario I	Escenario II
			Ahorros en Energía Eléctrica y RS	Ahorros en Energía Eléctrica, RS y venta FIRSU
	Concepto			
Precios	Precio del kWh	US\$/kWhe	0.08	0.08
	Generación eléctrica anual de la planta	kWhe kWht	63,896,414	63,896,417
	Generación térmica anual de la planta	US\$/ton	54,631,434	54,631,436
	Valor de la Composta		5.0	5.0
	Costo por ton de tratamiento (Rellendo Sanitario)	US\$/ton	20.8	20.8
	Costo por kW de capacidad instalada	US\$/kW	4,758	4,758
	CHP Capacity	kW	7,928	7,928
	Montacarga frontal para carga de residuos (4x)	US\$	480,000	480,000
	Unidad dosificadora y mezcladora (3x)	US\$	180,000	180,000
	Tanque de pasteurización (4x)	US\$	259,406	259,406
	Tanque Digestor (6x)	US\$	868,982	868,982

CAPEX	Tanque de almacenamiento	US\$	856,577	856,577
	Membrana doble de captura de gas (DMGS) (6x)	US\$	420,000	420,000
	Mano de obra obras civiles	US\$	1,129,442	1,129,442
	Recubrimiento epóxico para tanques	US\$	180,000	180,000
	Recubrimiento epóxico para pasteurizadores Sistema de control	US\$	100,000	100,000
	contenerizado (3x) Equipo de limpieza y acond. biogas.	US\$	1,050,000	1,050,000
	Tuberías y accesorios	US\$	300,000	300,000
	Boiler auxiliar	US\$	1,200,000	1,200,000
	Transformador	US\$	150,000	150,000
	Electrical installation	US\$	165,000	165,000
	CHP unit Jenbacher (3MW, 3x + 2MW, 1x)	US\$	1,500,000	1,500,000
	Motor diesel auxiliar (1MW, LPG / NG)	US\$	5,928,000	5,928,000
	Tanque de gas LPG	US\$	975,000	975,000
	Planta de separación RSU	US\$	40,000 9,517,205	40,000 9,517,205
		US\$		
	Galpon de recepcion y ofnas.	US\$	2,500,000	2,500,000
	Montaje Electromecánico	US\$	550,000	550,000
	Unidad de separación de digestado	US\$	140,000	140,000
	Intercambiadores de calor	US\$	120,000	120,000
	Antorcha de biogás	US\$	75,000	75,000
Herramienta	US\$	120,000	120,000	
Agitadores y bombas	US\$	360,000	360,000	
Trabajo de soldadura	US\$	600,000	600,000	
Ingeniería de detalle	US\$	2,976,461	2,976,461	
Gestión del proyecto	US\$	1,488,231	1,488,231	
Gestión biológica (2 años)	US\$	216,000	216,000	
Logística commisioning y start-up	US\$	297,646	297,646	
Gastos de contingencia (5%)	US\$	2,976,461	2,976,461	
TOTAL CAPEX	US\$	37,719,411	37,719,411	
	<i>Planta de Separación RSU (PVRSU)</i>			
OMEX	Trabajadores de reciclaje (80x)	US\$	269,737	269,737
	Gerentes de planta (4x)	US\$	76,800	76,800
	Contador (1x)	US\$	28,800	28,800
	Secretarias (2x)	US\$	28,800	28,800
	Cleaning personnel, storage, warehouse (12x)	US\$	40,460	40,460
	Maintenance (4x)	US\$	14,049	14,049
	Seguridad Social, Overheads (40%)	US\$	183,458	183,458
	Consumo eléctrico de la planta	US\$	259,819	259,819
	Seguro	US\$	433,032	433,032
	Mantenimiento de infraestructura	US\$	433,032	433,032
	Agua potable	US\$	108,399	108,399
	Diesel	US\$	110,094	110,094
	Contingencia	US\$	176,009	176,009
	Total PVRSU	US\$	2,162,488	2,162,488
		<i>Planta de tratamiento de DA (PVDA)</i>		

	Trabajadores (30x)	US\$	101,151	101,151
	Gerente de la planta (2x)	US\$	38,400	38,400
	Director (1x)	US\$	28,800	28,800
	Contador y secretarias (1x, 2x)	US\$	57,600	57,600
	Cleaning personnel (8x)	US\$	13,487	13,487
	Seguridad Social, Overheads (40%)	US\$	95,775	95,775
	Consumo eléctrico de la planta	US\$	426,717	426,717
	Seguro (0.5 to 0.65 of CAPEX)	US\$	101,237	101,237
	Mantenimiento de infraestructura	US\$	101,237	101,237
	Operación y refacciones de equipos	US\$	404,948	404,948
	O&M CHP	US\$	303,711	303,711
	Combustible Diesel montacarga	US\$	70,000	70,000
	Caracterización de composta	US\$	21,600	21,600
	Análisis de lodo de proceso	US\$	72,000	72,000
	Aditivos	US\$	404,948	404,948
	Nutrientes	US\$	202,474	202,474
	Agua potable	US\$	46,306	46,306
	Agua para proceso	US\$	20,620	20,620
	Gastos contingentes	US\$	176,009	176,009
	Total PVDA	US\$	2,687,020	2,687,020
	TOTAL OMEX	US\$	4,849,508	4,849,508
GANANCIAS	Ahorro de energía eléctrica	US\$ US\$	5,111,713	5,111,713
	Ahorro por recolección de residuos orgánicos	US\$ US\$	4,505,870	4,505,870
	Venta de las fracciones FIRSU		-	7,320,324
	Valor de la fracción sólida		224,774	224,774
	Ganancia neta = (Ahorros+ventas) - OMEX	US\$	4,992,849	12,313,173
RESULTADOS	Impuestos anuales (promedio)			
	Retorno de inversión	US\$ años		
	NPV 10yrs (100% @ 0% cost capital, 6% tasa de retorno proyectos públicos)	US\$	1,072,813	3,048,247
TIR 10 yrs	%	7.2	11,508,133	2 39,999,991
			21.0%	78%

3.2 CONCLUSIONES

1. De acuerdo al diagnóstico de pre-factibilidad, el reciclaje y tratamiento de los RSU del CETRAN-N es rentable.
2. Se ilustra en el análisis de sensibilidad de los dos escenarios modelados, la importancia de comercializar la fracción FIRSU que se encuentra en los RSU que llegan al CETRAN-N (ej. después de la merma, lo que no afecta a los trabajadores de limpia), la cual de cualquier forma sería un sub-producto de la separación mecanizada de la PVRSU para la separación del FORSU y su posterior tratamiento en la PVDA.
3. Es indispensable que las autoridades del municipio de Naucalpan lleven al cabo estudios más detallados de la caracterización de los RSU en el CETRAN-N así como de los residuos producidos por Grandes Generadores (ej. mercados públicos, mercados sobre ruedas, restaurantes, hoteles, etc.), los cuales en la actualidad recolecta la empresa privada GEN, ya que actualmente no se dispone de ningún dato de las cantidades que GEN entrega en los RS de Tepotztlán y Xonacatlán. De acuerdo a la información proporcionada por las autoridades de Naucalpan, los RSU que recolecta la empresa GEN también se mezclan con inorgánicos, por lo que se requeriría de su separación en una planta PVRSU (o crear una cultura de separación en los generadores y sistema de recolección).
4. Para disminuir los costos de la planta de separación, si se desea dar tratamiento a los residuos de grandes generadores, se podría solicitar a la empresa GEN la recolección diferenciada sin aumentar el número de camiones recolectores (ej. LUN, MIE Y VIE orgánicos y MAR, JUE Y SAB inorgánicos). Este simple programa de recolección permitiría pasar de FORSU separado mecánicamente a bio-residuos. Los bio-residuos producen una mayor cantidad de metano ya que se encuentran libres de partículas contaminantes. En un primer paso de un programa municipal de gestión integral de RSU, se podría pensar en utilizar preferentemente bio-residuos de grandes generadores en lugar de los RSU del CETRAN-N.
5. En una estrategia municipal integral de gestión de RSU debe contemplarse no solo la separación mecanizada en una planta PVRSU y el tratamiento anaerobio y valorización energética del FORSU en la PVDA como primer paso, sino también la existencia de **Centros de Compostaje (CC)** para la reintegración de nutrientes al medio ambiente y la sustentabilidad del proceso mismo de separación y reciclaje de RSU en un concepto de economía circular. El digestato producido podría compostarse con las podas verdes y residuos orgánicos de difícil digestibilidad (ej. cáscaras, tallos, hojas, bagazo, etc.)
6. De no contar con la superficie requerida para concentrar en un solo terreno las plantas de separación PVRSU y de tratamiento PVDA, se plantea la posibilidad de construir las mismas en distintos predios, ya que se trata de procesos separados. El FORSU mecánicamente separado en una PVRSU puede ser enviado a una planta PVDA por camión (ej. Consultar la estrategia del Estado de Morelos en Gestión Integral de RSU, eGRISEM). De igual forma la planeación para la ubicación de CC puede ser en predios separados. Los CC requieren de grandes superficies para la generación de composta.
7. Es clave para asegurar la operación de la PVDA el aspecto contractual relativo a asegurar mediante un contrato legalmente vinculante el suministro de FORSU de la PVRSU hacia la PVDA

por un plazo de al menos 15 años, ya que de lo contrario la falta de materia prima (ej. FORSU) implicaría la quiebra financiera y económica de la PVDA y de la estrategia de tratamiento de residuos.

8. De igual forma que en el punto anterior, la operación de la PVRSU depende del suministro diario y oportuno de RSU, por lo que debe estructurarse un esquema en dónde el suministro a la PVRSU quede garantizado por al menos 15 años, con posibilidad de extender el contrato o esquema de suministro por otro término igual.

9. De implementarse el proyecto de la PVDA, es necesario considerar un **laboratorio *in-situ*** como parte integral de la planta. Es necesario que se considere como el primer paso para el **muestreo de cada lote** de FORSU que arribe a la planta. Lo anterior para conocer la composición química de cada lote y el grado de contaminación de los residuos, considerando que provienen de RSU. De contener altos índices de mercurio, plomo, arsénico y otros metales pesados o compuestos tóxicos (ej. pinturas, solventes, químicos cáusticos, etc.), dicho lote deberá ser **RECHAZADO**. El control de calidad en la materia prima que ingrese al proceso es de máxima prioridad para evitar el envenenamiento del proceso de DA. No sólo eso sino también evitar el envenenamiento de los fertilizantes orgánicos producidos por la planta, los cuales a su vez se utilizarán en la planta de compostaje y cualquier excedente de digestato líquido, se regresaría a una PTAR (Ej. Naucalli) lo cual de no tener un control de calidad de la materia prima, puede poner en riesgo el proceso biológico de tratamiento de aguas residuales. Aceptar un lote de FORSU contaminado puede tener un costo de muchos cientos de miles de dólares.

10. Actualmente en Alemania se encuentran en operación 56 plantas de tratamiento de FORSU (fuente GIZ). Es indispensable que los responsables de la formulación del proyecto y bases de licitación o especificaciones técnicas, visiten al menos 5 plantas de FORSU en operación tanto de Digestión Anaerobia Húmeda (DAH) como de Digestión Anaerobia Seca (DAS) para conocer a fondo los aspectos críticos de ambas tecnologías y de operación exitosa de dichas plantas.

11. El tratamiento de FORSU es viable económicamente. La existencia de la cadena de valor PVRSU-PVDA-CC es indispensable en la sustentabilidad del proceso de separación-reciclaje-valorización energética-reincorporación de nutrientes provenientes de RSU (ej. Cero-waste)

12. Es necesario que conceptualmente en la formulación de la estrategia de gestión integral de RSU se incluyan las PVDA, para evitar entre otras cosas, la emisión de **GEI** y la sustitución de energía eléctrica y térmica generada a partir de fuentes de origen fósil por fuentes de origen renovable.

13. La viabilidad del escenario base es de aproximadamente 6.3 años, considerando exclusivamente los ahorros por energía eléctrica, desvío de RSU del RS y valorización de 24% de la fracción sólida del digestato (como composta).

14. La viabilidad del Escenario II en donde se comercializa la fracción FIRSU, genera un ingreso adicional considerable el cual reduce el horizonte de retorno a 2.3 años.

15. Es necesario de igual forma que el municipio de Naucalpan realice un estudio actualizado de los precios de mercado de todas las fracciones inorgánicas que se comercializan en los centros de reciclaje del municipio, así como empresas establecidas e industrias de reciclaje. Dicha información es indispensable para validar el estudio de viabilidad económica.

16. El uso del calor (ej. venta de calor a industrias o uso del calor para una alberca pública municipal como un beneficio social para la comunidad donde se ubique la planta o/y la implementación de invernaderos en las cercanías a la PVDA) aumentaría de manera considerable la viabilidad del proyecto y reduciría el impacto social del mismo.
17. El calor es una energía de baja calidad ya que a diferencia de la energía eléctrica ésta no se puede transportar grandes distancias, pues su costo de bombeo, aislamiento térmico y tuberías, así como las pérdidas de calor son muy elevadas en función de la distancia. Por esta circunstancia si su venta a industrias cercanas no es posible (ej. ya sea porque no existen o no les interesa adquirir la energía térmica a un precio preferencial), se recomienda la formulación por parte del Municipio de un **plan de negocios** en donde se contemple su uso en/para una aplicación intensiva en energía térmica donde su utilización represente un ahorro considerable en insumos de energía primaria como son el gas natural, gas licuado o Diésel, así como por otra parte, genere un flujo de ganancias adicionales, como los ejemplos comentados en el punto anterior.
18. En lo relativo a los CC para su implementación en Naucalpan, la CDMX y el municipio de Jiutepec, Morelos, cuentan con experiencia de muchos años en la operación y producción de composta. De manera relevante el municipio de Jiutepec, no solo genera composta, sino cuenta con tres invernaderos en el propio centro de compostaje, en los cuales promueve su uso a productores agrícolas, a los cuales vende en \$200 pesos la tonelada de composta.
19. El futuro es incierto y por lo tanto, la idea de una gran inversión de capital con un retorno de largo plazo puede ser una decisión difícil. Sin embargo, se anticipa que los costos de energía aumenten con el tiempo y a pesar de que esto no es 100% seguro, hay una probabilidad razonable de que la predicción se mantenga ya que los precios actuales del petróleo se han mantenido artificialmente bajos (Entre 3040 US\$/barril) por razones geo-políticas.
20. Considerando el punto anterior y que el análisis financiero de la planta muestra un valor presente neto (VPN) positivo y flujos de efectivo positivos desde el primer año de operación más beneficios intangibles pero de impostergable implementación como es la producción de energía renovable, el desvío de FORSU de RS, así como otros beneficios no comerciales o intangibles económicamente como la disminución de olores desagradables y de manera relevante la **reducción de gases de efecto invernadero**, el proyecto puede ser catalogado como una buena inversión. El análisis anticipa que la planta será capaz de cubrir el 100% de sus necesidades de energía totales, por lo que con un incremento en los precios de la energía pública (basada en gran medida en la importación de gas natural), el horizonte de retorno podría ser reducido de manera significativa. Habiendo señalado lo anterior, la digestión anaeróbica y la cogeneración con una unidad CHP, tienen el potencial de ayudar a los municipios con sus gastos corrientes.
21. La tecnología DA-CSTR puede permitir una ampliación futura de la generación de electricidad de la planta (ej. tecnología escalable) a través del uso de flujos adicionales de desecho orgánico como desechos vegetales, frutas y alimentos de desecho o descarte. La fracción orgánica de desechos municipales tiene el potencial de generar tres veces más metano por tonelada si se compara con los bio-sólidos de lodo primario o crudo de por ejemplo PTARs.
22. Para ayudar a desplazar la fracción líquida de fertilizante orgánico, es posible usar el modelo Danés de distribución de fertilizante. En la Imagen 5 se muestra el diagrama logístico y

plan de negocios de la cadena de valor de una planta de tratamiento de residuos-en-energía y la sinergia existente entre las diversas plantas. La fracción líquida se podría distribuir identificando regiones agrícolas de gran consumo de fertilizantes (ej. 55% del territorio de Naucalpan es zona Rural), en un radio menor de por ejemplo 10 km, dependiendo del análisis del valor de mercado del fertilizante (ej. \$mgN/ton, \$mgP/ton Y \$mgk/ton o fracción de Nitrógeno, Fósforo y Potasio) vs. valores comerciales de N, P y K de fertilizantes de origen fósil (derivados del petróleo). Lo anterior elevaría aún más el beneficio de mitigación de GEI a la atmósfera.

3.3 RECOMENDACIONES

1. Es indispensable la formulación de una estrategia de gestión del digestato, pues de la misma depende la interacción con el marco general de la estrategia de gestión de residuos que formule el Municipio de Naucalpan, en especial en reincorporar los fertilizantes orgánicos para cerrar el ciclo de nutrientes (ej. programas de reforestación, fertilización de parques públicos, productores agrícolas, etc.)
2. No debe escatimarse recursos en cuanto al personal sugerido para operar y administrar las plantas propuestas, ya que es un punto clave para la operación exitosa durante 15 a 20 años de la(s) misma(s). Dicho personal debe ser capacitado por la empresa o empresas que diseñen y construyan la(s) plantas de separación y DA.
3. Es necesario que el Municipio de Naucalpan continúe con la implementación de la Hoja de Ruta integrada por distintas instituciones y expertos para avanzar en la consecución de pasos ordenados hacia la implementación de al menos una planta de tratamiento de FORSU (PVRSU-PVDA) la cual sirva como un proyecto bandera o piloto para demostrar y consolidar la tecnología de DA-CSTR en el plan de tratamiento, reciclaje, re-uso, reducción y valorización energética de RSU de Naucalpan.

4. REFERENCIAS

- [1] Caracterización de residuos sólidos urbanos potencialmente valorizables en Naucalpan de Juárez, Estado de México, Facultad de Estudios Superiores Acatlán, Claudia Lizett Rivera, UNAM, 2013
- [2] What should be the return on public sector investment?, Public Finance, Richard O. Zerbe Jr., Professor of Public affairs, Daniel J. Evans Distinction, University of Washington. Winter 2013 – 2014.
<http://object.cato.org/sites/cato.org/files/serials/files/regulation/2014/1/regulation-v36n4-3.pdf>
- [3] What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management, Daniel Hoornweg and Perinaz Bhada-Tata March 2012, No. 15. Urban Development Series Knowledge Papers, World Bank 2012.
[http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf)
- [4] Co-digestion of organic fraction of Municipal Solid Waste with different organic wastes, a review. A Grosser, Poland, Institute of environmental engineering, Czestochowa University of Technology, 2013, ISBN 978-0-41564338-2
- [5] Environmental Engineerign IV, Artur Pawlowski, Marzenna R. Dudzinska, Lucjan Pawlowski
https://books.google.com.mx/books?id=ZOrZg_ROH2oC&pg=PA234&lpg=PA234&dq=OLR+OFMSW+CSTR&source=bl&ots=bF39ogz9NF&sig=c19PQhZ-49q1UUr8k6Qeuc9Ga0c&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwj17rui0ezNAhVD1mMKHWbqBpkQ6AEIJTAB#v=onepage&q=OLR%20OFMSW%20CSTR&f=false
- [6] Salario mínimo en México, salarios por zonas geográficas, salarios mínimos profesionales.
<http://salariominimo.com.mx/salarios-minimos-generales-por-areas-geograficas/>
- [7] Metodologías para la Estimación de Emisión de Gases de Efecto Invernadero para Emisiones Biogénicas de Categorías de Fuentes Seleccionadas: Desecho de Residuos Sólidos, Tratamiento de Aguas Residuales y Fermentación de Etanol, Diciembre 14, 2010, RTI International./ Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for Biogenic Emissions from Selected Source Categories: Solid Waste Disposal Wastewater Treatment Ethanol Fermentation, December 14, 2010, RTI International.
- [8] Inventario de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero USA Emisiones y Reducciones: 1990-2012. Agencia de Estados Unidos para la Protección del Medioambiente. EPA 430-R-14-003. Abril 2014./ Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2012. U.S. Environmental Protection Agency. EPA 430-R-14-003. April 2014.
- [9] Factores de emisiones de metano para antorchas de biogás, P. Gogolek, CanmetENERGY, Recursos Naturales de Canadá, Ottawa, Ontario, Canadá, Periódico de la Fundación Internacional de Investigación de Flama, Artículo Número 201203, Julio 2012, ISSN 2075-3071/
Methane emission factors for biogas flares, P. Gogolek, CanmetENERGY, Natural Resources Canada, Ottawa, Ontario, Canada, Journal of the International Flame Research Foundation, Article Number 201203, July 2012, ISSN 2075-3071

- [10] Biogás de Desechos y Recursos Renovables, Dieter Deublein y Angelika Steinhauser, Wiley-VCH, 2008. ISBN 978-3-527-31841-4/ Biogas from Waste and Renewable Resources, Dieter Deublein and Angelika Steinhauser, Wiley-VCH, 2008. ISBN 978-3-527-31841-4
- [11] La Microbiología de los Digestores Anaeróbicos, Gerardi, M. H., 2003. ISBN 978 - 0 - 471 - 20693 – 4/ The Microbiology of Anaerobic Digesters, Gerardi, M. H., 2003. ISBN 978 - 0 - 471 - 20693 - 4
- [12] Resumen de monitoreo y Guía para la optimización de la Digestión Anaeróbica y las plantas de Biometano, Sandra Esteves, Centro de Investigación de Ambiente Sustentable, Universidad de Glamorgan (Wales, Reino Unido), Martin Miltner, Universidad de Tecnología de Vienna (Austria), Energía Inteligente de Europa, Contrato Número: IEE/10/130; Referencia Entregable: Tarea 5.2 (Reporte Complementario); Fecha de Entrega: Noviembre 2012. / Monitoring Review and Guide for the optimization of Anaerobic Digestion and Biomethane plants, Sandra Esteves, Sustainable Environment Research Centre, University of Glamorgan (Wales, UK), Martin Miltner, Vienna University of Technology (Austria), Intelligent Energy Europ, Contract Number: IEE/10/130; Deliverable Reference: Task 5.2 (Complementary report); Delivery Date: November 2012.
- [13] “Convirtiendo Comida de Desecho en Energía en el Distrito de Utilidad Municipal de la Bahía Este: Investigando el Proceso de la Digestión Anaeróbica para Reciclar los Desechos de Alimentos post-consumidor”. Distrito de Utilidad Municipal de la Bahía Este. / “Turning Food Waste into Energy at the East Bay Municipal Utility District: Investigating the Anaerobic Digestion Process to Recycle Post-Consumer Food Waste.” East Bay Municipal Utility District.

Anexo 4



PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA

Fecha: agosto 2016

Rev.: A

ANTEPROYECTO PARA EL MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS MEDIANTE VALORACIÓN ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN DE JUÁREZ, ESTADO DE MÉXICO



ATENCIÓN: LIC. EDGAR ARMANDO OLVERA HIGUERA
PRESIDENTE MUNICIPAL
MUNICIPIO DE NAUCALPAN DE JUÁREZ
ESTADO DE MÉXICO

PRESENTA: DR. ALFONSO DURÁN MORENO
Profesor Investigador "B" Tiempo completo
FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM
Lab 301 a 303, Conjunto E
Ciudad Universitaria, 04510
Coyoacán, México D.F.
Tels. +52 (55) 56 23 35 37
Fax: +52 (55) 56 23 35 36
E-mail: alfdur@unam.mx



CONTENIDO

I. OBJETIVO GENERAL	198
II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	198
III. DESARROLLO DE PARTIDAS Y ALCANCES.....	198
1 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GENERACIÓN, GESTIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (FORSU) EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN	199
1.1 Estado actual del servicio de limpia y área de influencia (grandes generadores de FORSU)	199
1.2 Aspectos de organización y administración del servicio de limpia.....	200
1.3 Aspectos presupuestales.....	201
1.4 Infraestructura y equipamiento	201
1.5 Aspectos logísticos.....	203
1.6 Bases de planeación	203
2 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN ORGÁNICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN	204
2.1 Caracterización de la FORSU de grandes generadores del sector público y privado	204
2.2 Análisis de resultados de la caracterización de la FORSU de grandes generadores del sector público y privado	205
3 ESTUDIOS A ESCALA DE PLANTA PILOTO ENFOCADOS AL DESARROLLO DE INGENIERÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE FORSU EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN	206
3.1 Pruebas de digestión anaerobia húmeda y seca con FORSU	206
3.2 Pruebas de codigestión anaerobia húmeda y seca con FORSU y biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales	206
3.3 Pruebas de codigestión con un cosustrato alternativo	207

4 PROPUESTA CONCEPTUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE ...	207
TRATAMIENTO DE FORSU EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN	207
4.1 Definición de la capacidad de la planta.....	207
4.2 Selección del sitio y análisis de constructibilidad	207
4.3 Desarrollo de la ingeniería conceptual.....	208
4.4 Análisis de gestión de digestato y cierre del ciclo de nutrientes.....	209
5 SITUACIÓN JURÍDICA Y LEGAL DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE LIMPIA EN .	210
EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN	210
5.1 Análisis sobre alternativas legales de operación por Organismos Públicos o de	210
Asociaciones Público Privadas (APP): ventajas y desventajas.....	210
6 TRÁMITES Y REQUISITOS DE ÍNDOLE AMBIENTAL Y ENERGÉTICO PARA EL	
REGISTRO, AUTORIZACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE	
TRATAMIENTO DE FORSU Y DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD	210
EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN.....	210
6.1 Legislación y normatividad aplicable.....	210
6.2 Identificación de los trámites legales a realizar, requisitos, formularios, dependencias y	
oficinas donde llevarlos a cabo y programa a cumplir	211
7 ESTUDIO DE COSTO Y BENEFICIO PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS DENTRO DEL	
PROGRAMA DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL FONDO NACIONAL DE	
INFRAESTRUCTURA PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UNA	211
PLANTA DE TRATAMIENTO DE FORSU EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN.....	211
7.1 Situación actual que motiva el proyecto.....	211
7.2 Situación sin Proyecto de Inversión	211
7.3 Situación con el Proyecto de Inversión	212
7.4 Evaluación del Proyecto de Inversión	212
7.5 Conclusiones y recomendaciones	212
8 SOPORTE Y ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO DURANTE EL DESARROLLO DE LAS	
BASES DE CONCURSO PARA LA LICITACIÓN DEL PROYECTO	212
IV. DURACIÓN Y PROGRAMA DEL SERVICIO.....	213
V. IMPORTES DEL SERVICIO	214
VI. EXCLUSIONES DEL SERVICIO.....	216
VII. PREMISAS PARA LA FORMALIZACIÓN DEL SERVICIO	216
VIII. OBLIGACIONES DE LA UNAM	217

XV.I. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar los estudios necesarios para integrar el Estudio de Factibilidad del Proyecto de Construcción de una Planta de Tratamiento de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos para su Valoración Energética y Contribuir a la Disminución de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México.

XVI.II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para el cumplimiento del Objetivo General de la presente propuesta, se deben cubrir los siguientes objetivos específicos

1. Elaborar un estudio de la situación actual del manejo de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (FORSU) y del servicio de recolección y disposición de los residuos de los grandes generadores en el municipio que permitan establecer el balance general de los residuos que son destinados a los sitios de disposición final en el municipio.
2. Realizar estudios de caracterización de los FORSU en el municipio que permitan analizar las tecnologías más viables para su valoración energética
3. Identificar las variables críticas para el diseño del biodigestor de acuerdo a las características propias de los FORSU generados en el municipio a través de estudios a nivel de planta piloto.
4. Desarrollar la ingeniería conceptual para seleccionar la tecnología más viable para las características de la FORSU del municipio para obtener la información técnica, económica y de operación requerida para el estudio de costo y beneficio.
5. Elaborar un estudio de viabilidad legal que permita llevar a cabo el proyecto dentro del marco normativo y legal correspondiente.
6. Realizar un estudio de los trámites de índole ambiental y energética que son requeridos para llevar a cabo el proyecto, tanto en sus fases de construcción y operación y que servirán para cernir el programa del proyecto dentro de las necesidades del municipio.
7. Desarrollar el estudio de costo y beneficio (siguiendo los lineamientos establecidos por la SHCP) para la gestión de los recursos dentro del Programa de Residuos Sólidos (PRORESOL) del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN).
8. Dar apoyo técnico de la propuesta durante la etapa de elaboración de las bases de concurso de la Licitación.

XVII.III. DESARROLLO DE PARTIDAS Y ALCANCES

Se presenta a continuación los alcances de cada uno de los estudios que dan cumplimiento a los Objetivos Específicos de la presente propuesta.

1 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA GENERACIÓN, GESTIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (FORSU) EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN.

En esta actividad se describirá la localización del proyecto y su zona de influencia, junto con las características físicas como son: climatología, hidrografía, topografía, geología, tipo de suelos y rocas, agricultura, vegetación y toda aquella información relevante.

1.1 Estado actual del servicio de limpia y área de influencia (grandes generadores de FORSU).

1.1.1 Cobertura

Basados en la información recopilada y en datos estadísticos sobre grandes generadores proporcionada de fuentes oficiales se verificarán cada etapa que comprende la administración de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) En cuanto al manejo de RSU, se verificará el nivel de cobertura para los servicios de, Recolección, Transporte y disposición final.

1.1.2 Generación

La información sobre la generación de los FORSU en el área de influencia, es parte fundamental del análisis de cualquier sistema de manejo integral de los RSU, es por ello que en este apartado se hará referencia a la clasificación y cuantificación de los grandes generadores de FORSU.

Se revisará a nivel documental la información más relevante de los grandes generadores de FORSU como identificación, estimado de generación, ubicación, rutas de recolección, entre otros aspectos.

En actividades posteriores se llevará a cabo la cuantificación de FORSU de grandes generadores, así como las proyecciones correspondientes.

- Estimación de la cantidad total de FORSU que se genera en promedio al día en el área de influencia, considerando grandes generadores. Asimismo, se podrán aplicar verificaciones de pesajes para conocer la generación diaria asociada a tipo de vehículo y usuarios atendidos. El análisis de generación se realizará durante una semana completa (siete días).
- Se indicarán los resultados obtenidos sobre la generación de FORSU de todo el período de muestreo. Además, se analizarán dichos resultados, haciendo hincapié en la relevancia del resultado obtenido para la proyección de FORSU en el área de influencia del estudio

1.1.3 Recolección y transporte

Se revisará a nivel documental la información más relevante relacionada con los sistemas de recolección y transporte de RSU, como censo de equipo, características del sistema de recolección, información de rutas, entre otros aspectos.

Por otro lado, se identificarán a las áreas responsables de los sistemas establecidos actualmente en el municipio, así como los responsables de dichas áreas.

Con esta información se elaborará un informe con la descripción general de aquellas actividades que desempeña el prestador del servicio para recolectar y transportar los FORSU producto de los grandes generadores en el municipio de Naucalpan.

1.1.4 Transferencia.

Esta etapa del sistema integral de residuos sólidos comprende la forma en que una dependencia utiliza algún sitio para concentrar la cantidad de residuos sólidos que recolecta con el parque vehicular disponible y transferirlos a vehículos de mayor capacidad de carga para ser trasladados hasta el lugar de disposición final.

En esta actividad se realizará una descripción de las condiciones actuales tomando en cuenta aspectos como por ejemplo:

- Ubicación geográfica dentro del área de influencia
- Características de la estación de transferencia
- Forma de operación para la transferencia de los residuos sólidos
- Controles utilizados en la estación de transferencia

1.1.5 Disposición final.

En esta actividad se recopilará y analizará información referente a la disposición final de RSU en el Municipio de Naucalpan. Se realizará un informe en donde se describa información básica como la ubicación geográfica, superficie total del terreno disponible para el sitio de disposición final, condiciones actuales del sitio de disposición final, si es propiedad de las autoridades municipales o es rentado, número de años que se ha utilizado el terreno para la disposición final, caminos de acceso, distancia y costos de traslado, Cantidad de residuos sólidos que ingresan, entre otros aspectos.

1.2 Aspectos de organización y administración del servicio de limpia

1.2.1 Organigrama

En esta actividad se describirán los procesos de organización y administración de los RSU en el municipio de Naucalpan. El informe contendrá información referente al personal administrativo utilizado y el costo asociado al sueldo y costo de materiales para desempeñar las actividades administrativas.

Desde el punto de vista organizacional, se hará una descripción de la forma en que se asignan las rutas y recorridos del parque vehicular para la recolección de residuos sólidos, así como la identificación de bases de datos que utilicen para el control de los servicios.

1.2.2 Contratos y convenios vigentes

Se llevará a cabo una revisión de todos los contratos, convenios o documentos legales que tengan relación con los RSU generados en el municipio de Naucalpan. Esta revisión se

llevará a cabo en oficinas del Municipio. El objetivo es verificar la vigencia y el estado en el que se encuentren, es decir cuando vencen o si se tiene algún conflicto legal con la contraparte. Se elaborará un documento en donde se informe cuáles son los contratos o convenios que deben ser atendidos o revisados para poder ser considerados en el proyecto de la implementación del biodigestor

1.3 Aspectos presupuestales

1.3.1 Presupuesto municipal para el servicio de limpia

Se describirá los mecanismos o fuentes de los cuales se obtienen los ingresos para el pago de las erogaciones asociadas a los servicios de recolección-transporte, transferencia y disposición final de los RSU en el Municipio de Naucalpan.

1.3.2 Ingresos municipales por servicio de limpia

Se llevará a cabo una recopilación y análisis de la información referente a las tarifas de cobro por el servicio de recolección a los diferentes usuarios, así como cualquier otro ingreso registrado.

1.3.3 Egresos asociados al servicio de limpia

Se llevará a cabo una recopilación y análisis de la información referente a erogaciones asociadas a los servicios de recolección-transporte, transferencia, y disposición final de los RSU.

En función del costo total de la dependencia encargada del servicio, se estimará un costo por tonelada de residuos sólidos recolectada-confinada.

1.4 Infraestructura y equipamiento

1.4.1 Recolección, transporte y transferencia

Se analizarán y describirán todas aquellas actividades que se llevan a cabo para recolectar los FORSU generados por el área de influencia.

Se mencionarán y explicarán los diferentes métodos de recolección que son utilizados en el área de influencia (de acera, de esquina o de contenedores) asociándolos a la zona donde se aplican. La UNAM manejará por separado los diferentes componentes que conforman dicha etapa bajo los siguientes temas:

a) Barrido de calles o avenidas

se recopilará información referente al barrido de calles y con esta información se realizará una descripción de actividad (barrido manual o mecánico) que se efectúa en el área de influencia, estableciendo nombre de las calles o avenidas con la distancia atendida en Km.

o metros lineales, frecuencia, horario, número de trabajadores y equipo que utilizan para el barrido, cantidad de residuos sólidos que se estima son recolectados por esta actividad.

b) Uso de contenedores o tambos en festividades.

Se identificarán las fechas donde se espera un aumento en generación de RSU como efecto de las celebraciones y que representa para la dependencia a cargo del servicio de recolección la elaboración de un programa para su atención. Se deberá estimar la cantidad de RSU que es recolectada al año en cada una de las festividades.

c) Recolección de residuos sólidos en el área de influencia

Se realizará una descripción de la forma en que se lleva a cabo la recolección de residuos sólidos por la dependencia a cargo de este servicio, proporcionando información particular sobre el número y tipo de vehículos que se utilizan, así como las características de estos, como es la clasificación dentro del parque vehicular, modelo y capacidad de carga.

Si la forma operativa en que actualmente se proporciona el servicio de recolección por parte de la dependencia encargada del mismo, está dividida por secciones de atención como pudiera ser recolección pública, recolección comercial y recolección en mercados u otras instituciones, se presentará el informe separando dichas secciones.

d Eficiencia de recolección

Señalar el porcentaje de población que cuenta con el servicio de recolección e indicar las causas específicas y particulares que limitan el servicio al resto de la población, o bien si son atendidas por algún otro prestador del servicio, como puede ser un particular.

1.4.2 Disposición final.

Se describirá la ubicación geográfica, metros de superficie total del terreno en hectáreas disponible para el sitio de disposición final, si es propiedad de las autoridades municipales o es rentado el sitio, número de años que se ha utilizado el terreno para la disposición final y el número total de hectáreas ocupadas al año en el cual se está elaborando el estudio de Diagnóstico Integral.

Se deberán especificar las características físicas de los caminos de acceso al lugar de disposición final, longitud, tipo de camino (terrajería, empedrado, asfalto o concreto) y su estado actual.

Se elaborará el informe de la situación actual, describiendo la cantidad de residuos sólidos que ingresan al sitio de disposición final, el método de confinamiento utilizado y la forma de operación del sitio para el control de generación de lixiviados y biogás, tomando en cuenta el tipo de maquinaria y personal disponible en el sitio. Adicionalmente, considerando la normatividad ambiental vigente NOM-083-SEMARNAT-2003, se analizará los aspectos que cumple de acuerdo a dicha norma, sobre infraestructura, control de lixiviados y biogás, método de confinamiento.

De igual forma se revisará las distancias y costos de traslado del parque vehicular al sitio de disposición final, Se presentará la cuantificación del costo total que representa trasladar los residuos sólidos recolectados por el parque vehicular hasta el sitio de disposición final, tomando en cuenta la distancia que recorren desde el punto donde terminan su ruta de recolección, o bien, desde los puntos de traslado en las rutas y hasta el sitio de disposición final por viaje realizado. Asimismo, se considerará el número de veces por día para todos los vehículos.

Adicionalmente se especificará el costo total al año apoyándose en la información de costos de operación y mantenimiento del parque vehicular para obtener un costo por Km. Otra actividad que se llevará a cabo es la estimación del costo que representa confinar los RSU en el área de disposición final. Su cuantificación y valoración se hará en función del número de trabajadores, uso de maquinaria, consumo de combustible de la maquinaria, adquisición o traslado de material de cobertura, entre otros, con la información disponible para el último año.

1.5 Aspectos logísticos.

1.5.1 Identificación de rutas y micro-rutas de recolección de grandes generadores de FORSU del sector público y privado.

Se describirán aspectos como la clasificación de cada una de las rutas que recolectan FORSU de grandes generadores, ya sea por nombre o número, indicando, además, la frecuencia del servicio, camión que atiende la ruta (por su clasificación o número) y población atendida. Se llevará a cabo un plano de la ciudad o municipio donde se señalarán las rutas existentes y donde se observe el recorrido dentro de cada ruta, así como la forma en que realizan los vehículos la recolección.

También se describirá el recorrido de cada ruta que recolectan FORSU de grandes generadores, a partir del momento en que salen del sitio donde se encuentran antes de iniciar su recorrido (estacionamiento o lugar donde se guardan los vehículos) y hasta que terminan la ruta asignada a cubrir por día. Se identificarán traslapes en rutas o bien, duplicidad en recorridos durante la recolección de residuos sólidos.

Tomando en cuenta la información recopilada sobre rutas de recolección y capacidad de carga de los vehículos se hará una la estimación de la cantidad de FORSU recolectada al año, asociándola ya sea con la ruta al día o clasificación del parque vehicular.

1.6 Bases de planeación

1.6.1 Proyecciones de población

La proyección de la población a 20 años se deberá basar en los datos del censo más reciente del INEGI y en la proyección se utilizarán las tasas de crecimiento de población del CONAPO.

1.6.2 Proyección de generación.

Se llevará a cabo la proyección a 20 años de la cantidad de residuos sólidos en el área en estudio, para prever los requerimientos en infraestructura, considerando la cobertura y crecimiento esperado en el número de grandes generadores de FORSU

2 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE LA FRACCIÓN ORGÁNICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN

2.1 Caracterización de la FORSU de grandes generadores del sector público y privado

2.1.1 Plan de la campaña de muestreo

Una vez que se conozca la situación actual de la generación, gestión y disposición final de la fracción orgánica de los residuos sólidos orgánicos (FORSU) en el municipio de Naucalpan, así como los procesos que se llevan a cabo, se analizará la información referente a grandes generadores de FORSU censo de grandes generadores, ubicación, rutas de recolección entre otros aspectos. Con esta información se definirán el número de muestras a recolectar, así como los lugares o puntos donde se tomará la muestra, es decir se elaborará el plan de muestreo

2.1.2 Desarrollo de Campaña de muestreo

El total de muestras requeridas para los muestreos solicitados serán las tomadas aleatoriamente durante los siete días de muestreo, las cuales deberán ser colectadas ya sea de los camiones que recolectan RSU de grandes generadores (a la llegada al relleno) o de la fuente, es decir del generador de residuos.

El muestreo se realizará en un periodo de 7 días continuos. Estas fechas están sujetas a las disposiciones del centro de trabajo donde se realizará el muestreo.

Se determinará el peso volumétrico, "in situ", de cada una de las muestras colectadas, tal como se establece en la norma NMX-AA-19-1985.

Todas las actividades de muestreo, determinaciones, y entrega se deberán realizar en un periodo no mayor a las 8 horas tal como lo establece la norma NMX-AA-15-1985.

Debido a que no existe una referencia que aplique al muestreo de residuos sólidos orgánicos municipales, se establecerá el método de cuarteo y determinación del peso volumétrico el cual deberá realizar a partir de una muestra de residuos orgánicos previamente clasificados.

Para el caso de que no se realice la recolección diferenciada de residuos se deberá realizar una clasificación "in situ" de los residuos sólidos municipales, a partir de la cual se obtenga la fracción orgánica de los residuos que serán empleados en las posteriores operaciones.

En el caso que se realice la recolección diferenciada de los residuos sólo se realizará el muestreo a partir de camiones que recolecten únicamente residuos orgánicos y la clasificación de los subproductos que componen a los residuos sólidos municipales, se realizará únicamente para la fracción orgánica, realizando adicionalmente la cuantificación y remoción de impurezas o compuestos inorgánicos

2.2 Análisis de resultados de la caracterización de la FORSU de grandes

Generadores del sector público y privado

Se llevará a cabo un análisis de los datos que arroje la caracterización de FORSU de grandes generadores, con la finalidad de contar con información en firme y suficiente para poder tomar una decisión en cuanto a cuáles son las mejores opciones para la obtención de FORSU y las acciones para garantizar su recolección y transporte hasta el destino final.

2.2.1 Análisis de resultados de la caracterización de la FIRSU mezclada con FORSU de grandes generadores del sector público y privado.

Se llevará a cabo un análisis de los datos que arroje la caracterización de FORSU de grandes generadores, con la finalidad de contar con información en firme para poder tomar una decisión en cuanto a cuáles son las mejores opciones para la obtención de FIRSU y cuáles son las alternativas para la recuperación de los residuos con alto valor.

2.2.2 Análisis fisicoquímicos de muestras de la FORSU de grandes generadores

2.2.3 Pruebas de laboratorio para la determinación del potencial bioquímico de generación de metano, de muestras seleccionadas.

Para conocer la producción de biogás, se realizarán pruebas de potencial de metano para comprobar si existe una relación entre el grado de solubilización de cada una de las muestras con el potencial de producción de metano de las mismas. Las pruebas de potencial de metano tendrán una duración mínima de 5 días y consisten en inocular cada una de las muestras y sus respectivos testigos con lodos anaerobios (como SSV) previamente lavados (libres de material exógeno) y una solución de micronutrientes bajo condiciones anaerobias y de mezcla continua. Las muestras se colocan dentro de reactores manteniendo constante la temperatura. Así mismo se cuenta con una unidad de cuantificación de gas que se encarga de cuantificar la producción de biogás para cada uno de los reactores. El volumen de gas generado se registra en un sistema de adquisición de datos, por lo que se tiene un registro continuo de la producción de biogás con respecto al tiempo para cada uno de los sistemas (reactores). Así mismo, se realizará el análisis del biogás producido por cada reactor, con la finalidad de conocer la composición del biogás generado por cada uno de los sistemas día con día.

Se entregará un reporte sobre el rendimiento de producción de metano de las muestras proporcionadas.

3 ESTUDIOS A ESCALA DE PLANTA PILOTO ENFOCADOS AL DESARROLLO DE INGENIERÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE FORSU EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN

En el marco del proyecto FORDECYT 174710, la Facultad de Química de la UNAM lideró el esfuerzo de varias dependencias de la UNAM para la construcción de una planta piloto de digestión anaerobia, que trata residuos sólidos urbanos, o municipales como se identifican internacionalmente (municipal solid waste, MSW). La planta tiene una capacidad de procesamiento de 500 kg/d de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) en un reactor anaerobio “húmedo” (10 % de sólidos volátiles, SV) y de 100 kg FORSU/d, capacidad distribuida en 3 reactores anaerobios secos (>30% de SV). El proyecto 174710 concluyó el pasado 14 de febrero de 2015 y desde entonces la planta piloto ha sido operada por la UNAM; las funciones para las que fue diseñada: investigación, docencia, difusión del conocimiento y punta de partida para el diseño y construcción de plantas de digestión anaerobia que traten FORSU a escala municipal. Las pruebas en la planta piloto tendrán una duración de 4 meses.

3.1 Pruebas de digestión anaerobia húmeda y seca con FORSU

Con el fin de obtener resultados confiables en cuanto a la producción esperada de biogás con los residuos orgánicos que se generan en Naucalpan, se realizarán pruebas en los reactores anaerobios con los que cuenta la planta piloto. En común acuerdo con los funcionarios de Naucalpan se seleccionarán las fuentes de residuos orgánicos más representativas de la generación de residuos en el municipio y se trasladarán diariamente entre 200 y 600 kg de residuos a la planta piloto para su procesamiento. Se evaluará la cantidad de biogás producido y las características de los digestados producidos con el fin de visualizar los posibles mercados donde pudiera colocarse dichos subproductos.

3.2 Pruebas de codigestión anaerobia húmeda y seca con FORSU y biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales

La viabilidad económica de una planta de digestión anaerobia se apoya de manera importante en la cantidad de biogás producido y de la concentración de metano presente en dicho biogás. Si bien la producción de biogás a partir de FORSU es considerable (80110 m³/ton de FORSU), hay otros sustratos orgánicos que ofrecen mayores producciones de biogás. Por lo tanto, al combinar FORSU con otros residuos podría favorecerse una mayor rentabilidad de la planta. Por esta razón se propone realizar pruebas de co-digestión con lodos biológicos de purgas de plantas de tratamiento de aguas residuales. Con esta combinación, Naucalpan podría estar atendiendo dos problemáticas simultáneamente, la valorización de residuos sólidos urbanos (fracción orgánica) y el tratamiento y destino final de biosólidos, que es término utilizado en la normatividad ambiental mexicana para designar a los lodos biológicos de desecho provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales.

3.3 Pruebas de codigestión con un cosustrato alternativo

Se considera viable que como resultado del diagnóstico de generación de residuos sólidos urbanos, el cual se plantea realizar en el presente proyecto, se identifiquen fuentes alternativas de residuos orgánicos, líquidos o sólidos, que puedan potenciar la producción de biogás en los digestores. Los residuos que pueden tener mayor potencial de aprovechamiento en conjunto con la FORSU son aquellos ricos en proteínas y lípidos, como los residuos cárnicos provenientes de industrias procesadoras de alimentos o de residuos lácticos provenientes de industrias lecheras o queseras. También son deseable residuos con alto contenido de carbohidratos como los provenientes de industrias procesadoras de frutas. En el proyecto se plantea realizar pruebas complementarias en la planta piloto con un cosustrato adicional que ofrezca un mayor potencial de generación de metano.

4 PROPUESTA CONCEPTUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE FORSU EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN

4.1 Definición de la capacidad de la planta.

Con base en el resultado del estudio de situación actual de la generación, gestión y disposición final de la fracción orgánica de los residuos sólidos orgánicos (FORSU) en el municipio de Naucalpan, de la caracterización de los RSU, los datos estadísticos de generación y recolección de residuos, crecimiento poblacional, así como las características de los sitios preliminares para la instalación de la Planta de DA, se definirá la capacidad de la planta de digestión anaerobia.

4.2 Selección del sitio y análisis de constructibilidad

4.2.1 Análisis de constructibilidad.

Se recabará información documental en cuanto a ubicación del sitio, infraestructura de comunicaciones, infraestructura de servicios públicos (electricidad, agua, drenajes), leyes regulatorias y proyecciones de crecimiento (mancha urbana).

Con la información recopilada y con ayuda de métodos de ponderación para toma de decisión considerando factores de tipo ambiental, social y económicos se seleccionará o en su caso se confirmará el mejor sitio para la instalación de la planta de DA

4.2.2 Análisis de interconexión del sistema de generación de energía eléctrica.

Una vez que se cuente con la capacidad de la planta y se tenga un estimado de la producción de electricidad que se podría portear al sistema de CFE, se analizará cual será la mejor ubicación para el punto de integración, así como la infraestructura básica necesaria para la interconexión. Se revisará la normatividad que aplique.

4.3 Desarrollo de la ingeniería conceptual

4.3.1 Evaluación técnica de opciones tecnológicas

Se revisará a nivel documental las tecnologías disponibles en el mercado para a digestión de RSU, y se elaborarán fichas muy generales con las principales características de cada una de ellas y mediante el uso de técnicas que usan ponderación de criterios, se seleccionaran las tres mejores calificadas técnicamente hablando.

4.3.2 Desarrollo de la ingeniería conceptual de las tres mejores opciones tecnológicas

Se desarrollará la ingeniería conceptual de las tres mejores opciones tecnológicas.

La ingeniería conceptual sirve para identificar la viabilidad técnica y económica del proyecto y marcará la pauta para el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle. Se basa en un estudio previo y en la definición de los requerimientos del proyecto.

Los principales conceptos a desarrollar son:

Capacidad de la planta

- a. Productos y capacidad de producción
- b. Normativa y regulación
- c. Descripción del proceso
- d. Descripción general de instalación.
- e. Diagramas de bloques de proceso
- f. Balance de materia
- g. Distribución de equipos
- h. Estimación de requerimientos de servicios auxiliares
- i. Lista de equipos preliminar

4.3.3 Estimación de costos de inversión y operación de las tres mejores opciones tecnológicas (orden de magnitud)

Una vez que se cuente con la información técnica producto de la ingeniería conceptual desarrollada para las tres mejores opciones, se realizará un estimado de inversión y de operación de cada una de las tecnologías seleccionadas.

4.3.4 Selección de la mejor opción para el tratamiento de FORSU

Se elaborarán fichas técnicas de las tres tecnologías seleccionadas, con esta información y con la información de costos de cada una, se llevará a cabo la selección de la mejor opción técnica y económica, para ello se usará metodologías multicriterio para definir la mejor opción.

4.4 Análisis de gestión de digestato y cierre del ciclo de nutrientes

4.4.1 Usos de digestato sin separación de fracciones líquida y sólida.

Se hará una revisión documental del uso que tienen los subproductos de la digestión a nivel mundial, como es el caso del digestato. Se revisará los posibles usuarios que hay en México y el mercado real que pueden tener estos subproductos.

4.4.2 Usos de la fracción sólida

Se hará una revisión documental del uso que tienen los subproductos de la digestión a nivel mundial, como es el caso de la fracción sólida del digestato. Se revisará los posibles usuarios que hay en México y el mercado real que pueden tener estos subproductos.

4.4.3 Usos de la fracción líquida.

Se hará una revisión documental del uso que tienen los subproductos de la digestión a nivel mundial, como es el caso de la fracción líquida del digestato. Se revisará los posibles usuarios que hay en México y el mercado real que pueden tener estos subproductos.

4.4.4 Carga orgánica de la fracción líquida y costo de tratamiento por una PTAR.

Se determinará a nivel de análisis de laboratorio la carga orgánica asociada a la fracción líquida del digestato.

Por otro lado, se realizará una revisión del costo de tratamiento y los costos asociados al tratamiento de la fracción líquida por una planta de tratamiento de aguas residuales.

4.4.5 Desarrollo de una opción para la instalación de un centro de compostaje.

Se llevará a cabo una revisión a nivel bibliográfico de las alternativas para el desarrollo de un centro de compostaje considerando el mercado potencial en el municipio y sus alrededores. Por otra parte, se determinará el estimado de inversión y los costos de operación de acuerdo al nivel de detalle que se tenga de la información.

5 SITUACIÓN JURÍDICA Y LEGAL DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE LIMPIA EN

EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN

5.1 Análisis sobre alternativas legales de operación por Organismos Públicos o de Asociaciones Público Privadas (APP): ventajas y desventajas

Se llevará a cabo una revisión y análisis de las variables críticas que inciden en la modalidad de incorporación de iniciativa privada que se propondrá. Estas variables tienen relación con el marco legal, aspectos políticos, capacidad institucional, aspectos técnicos, situación financiera y temas de índole macroeconómica. El consultor analizará las implicaciones de estas y otras variables críticas para determinar las condiciones desde donde se determinará el esquema de incorporación de iniciativa privada, teniendo en cuenta los potenciales riesgos y los mecanismos de manejo de estos.

Se propondrán los modelos de incorporación de participación privada en la prestación del servicio de tratamiento de RSU en el municipio, considerando los objetivos del proyecto y en la revisión de las variables críticas. Se presentarán los modelos potenciales, sus ventajas y desventajas, los riesgos asociados y los mecanismos de pago.

6 TRÁMITES Y REQUISITOS DE ÍNDOLE AMBIENTAL Y ENERGÉTICO PARA EL REGISTRO, AUTORIZACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE FORSU Y DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN

6.1 Legislación y normatividad aplicable.

Se hará una revisión a nivel bibliográfica de la legislación, normatividad y disposiciones ambientales aplicables al Proyecto de construcción y operación de una planta de digestión anaerobia y para la planta de recuperación de residuos valorizados recolección, transporte y disposición final de RSU y subproductos de la digestión.

La revisión de Leyes y normas será a nivel estatal y a nivel federal, así como la documentación formatos, permisos, trámites solicitados por CFE.

6.2 Identificación de los trámites legales a realizar, requisitos, formularios, dependencias y oficinas donde llevarlos a cabo y programa a cumplir.

Se realizará un análisis que contendrá un listado y descripción de las autorizaciones federales, de las entidades federativas y municipales- que se requieran para desarrollar el proyecto, con distinción de las necesarias para la ejecución de la obra y de aquéllas para la prestación de los servicios, este análisis aportará elementos que permitan determinar si es o no factible la obtención de dichas autorizaciones.

De igual forma se realizará un análisis de las disposiciones federales, estatales y municipales aplicables para el desarrollo del proyecto, y el mismo deberá concluir si el proyecto es o no susceptible de cumplir con tales disposiciones.

7 ESTUDIO DE COSTO Y BENEFICIO PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS DENTRO DEL PROGRAMA DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL FONDO NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA PARA EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UNA

PLANTA DE TRATAMIENTO DE FORSU EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN

En esta actividad se utilizará la información generada en las actividades anteriores para desarrollar los costos de inversión y operación, así como los beneficios del proyecto, se determinarán los indicadores de rentabilidad de acuerdo a los lineamientos establecidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

MEDIANTE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR EN EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN, ESTADO DE MÉXICO

7.1 Situación actual que motiva el proyecto

Se establecerá el diagnóstico de la situación actual que motiva la realización del proyecto, resaltando la problemática que se pretende resolver, el análisis de la infraestructura existente; el análisis de la demanda actual; y la interacción de la oferta-demanda actual.

7.2 Situación sin Proyecto de Inversión

Situación sin Proyecto de Inversión: Se incluirá la situación esperada en ausencia del proyecto de inversión, los principales supuestos técnicos y económicos utilizados para el análisis y el horizonte de evaluación, así como las alternativas de solución u optimizaciones que serían necesarias en caso de no llevarse el proyecto.

7.3 Situación con el Proyecto de Inversión

Se incluirá la situación esperada en caso de que se lleve a cabo el proyecto de inversión, conteniendo los siguientes elementos: descripción general, alineación estratégica, localización geográfica, calendario de actividades, monto total de inversión, financiamiento, capacidad instalada, metas anuales y totales, vida útil, descripción de los aspectos más relevantes del proyecto, así como el análisis de la oferta, demanda y su interacción a lo largo del horizonte de evaluación.

7.4 Evaluación del Proyecto de Inversión

Se comparará la situación sin proyecto optimizada con la situación con proyecto, para lo cual se identificarán los costos y beneficios del proyecto de inversión para la determinación de los indicadores de rentabilidad que son necesarios para establecer la conveniencia de realizar el proyecto de inversión.

7.5 Conclusiones y recomendaciones

Exponer de forma clara y precisa los argumentos por los cuales el proyecto de inversión debe realizarse, así como establecer un resumen ejecutivo que presente los aspectos más importantes del desarrollo del proyecto.

8 SOPORTE Y ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO DURANTE EL DESARROLLO DE LAS BASES DE CONCURSO PARA LA LICITACIÓN DEL PROYECTO.

Se proporcionará soporte técnico durante el desarrollo de las bases de concurso. Incluye la asistencia a reuniones y apoyo documental relacionado con la propuesta de ingeniería desarrollada.

XVIII.IV. DURACIÓN Y PROGRAMA DEL SERVICIO

Se muestra a continuación la propuesta del programa del servicio.

PDA	CONCEPTOS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
1	Estudio de la Situación Actual de la Generación, Gestión y Disposición Final de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Orgánicos (FORSU), en el Municipio de Naucalpan									
2	Estudio de Caracterización de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Orgánicos en el Municipio de Naucalpan									
3	Estudios a Escala de Planta Piloto enfocados al Desarrollo de Ingenierías para la Construcción de una Planta de Tratamiento de FORSU en el Municipio de Naucalpan									
4	Propuesta Conceptual para la Construcción de una Planta de Tratamiento de FORSU en el Municipio de Naucalpan									
5	Situación Jurídica y Legal de los Servicios Públicos de Limpia en el Municipio de Naucalpan									
6	Trámites y Requisitos de Índole Ambiental y Energético para el Registro, Autorización, Implementación y Operación de una Planta de Tratamiento de FORSU y de Generación de Energía Eléctrica en el Municipio de Naucalpan									
7	Estudio de Costo y Beneficio de la Gestión de Recursos dentro del Programa de Residuos Sólidos (PRORESOL) del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) para el Proyecto de Construcción de una Planta de Tratamiento de FORSU en el Municipio de Naucalpan									
8	Soporte y acompañamiento técnico durante el desarrollo de las bases de concurso para la Licitación del Proyecto									

La propuesta se estructura considerando que las actividades que integran el servicio se ejecutarán en un plazo no mayor a los 270 días naturales (nueve meses), contados a partir de la aceptación y formalización del convenio para el desarrollo de la presente propuesta.

XIX.V. IMPORTES DEL SERVICIO

La presente propuesta tiene un costo total de \$XXXXXXXXX más IVA.

PDA.	CONCEPTOS	CANT.	U/M	P. UNIT.	IMPORTE
1	Estudio de la Situación Actual de la Generación, Gestión y Disposición Final de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Orgánicos (FORSU), en el Municipio de Naucalpan	1	Servicio	X	X
2	Estudio de Caracterización de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Orgánicos en el Municipio de Naucalpan	1	Servicio	X	X
3	Estudios a Escala de Planta Piloto enfocados al Desarrollo de Ingenierías para la Construcción de una Planta de Tratamiento de FORSU en el Municipio de Naucalpan	1	Servicio	X	X
4	Propuesta Conceptual para la Construcción de una Planta de Tratamiento de FORSU en el Municipio de Naucalpan	1	Servicio	X	X
5	Situación Jurídica y Legal de los Servicios Públicos de Limpia en el Municipio de Naucalpan	1	Servicio	X	X
6	Trámites y Requisitos de Índole Ambiental y Energético para el Registro, Autorización, Implementación y Operación de una Planta de Tratamiento de FORSU y de Generación de Energía Eléctrica en el Municipio de Naucalpan	1	Servicio	X	X
7	Estudio de Costo y Beneficio de la Gestión de Recursos dentro del Programa de Residuos Sólidos (PRORESOL) del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN) para el Proyecto de Construcción de una Planta de Tratamiento de FORSU en el Municipio de Naucalpan	1	Servicio	X	X
8	Soporte y acompañamiento técnico durante el desarrollo de las bases de concurso para la Licitación del Proyecto	1	Servicio	X	X
TOTAL, DEL SERVICIO (SIN IVA)					X

EL MUNICIPIO DE NAUCALPAN, ESTADO DE MÉXICO

La presente propuesta tiene una vigencia de tres meses contados a partir de la recepción de la misma.

Atentamente

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Ciudad Universitaria, a 15 de agosto de 2016

Dr. Alfonso Durán Moreno

UNAM, Facultad de Química

Laboratorios 301 a 303

Conjunto E, Circuito de la Investigación Científica

Ciudad Universitaria, 04510

Coyoacán, Ciudad de México

Tels. +52 (55) 5622 5351

+52 (55) 5622 5293

E-mail: alfdur@unam.mx

XX.VI. EXCLUSIONES DEL SERVICIO

- Estudios de impacto social y de impacto o riesgo ambiental o de análisis de suelos.
- Caracterización de parámetros no acordados; de requerirse, el contratante deberá de proporcionar los datos a la UNAM, para su correspondiente cotización.
- No incluye la contratación estudios de valorización de las muestras.
- Ningún otro estudio no especificado en la presente propuesta.

XXI.VII. PREMISAS PARA LA FORMALIZACIÓN DEL SERVICIO

- a. Se requiere un 50% de anticipo para el inicio de los trabajos.
- b. A la entrega para revisión del informe final del proyecto se requerirá un pago de 35% del monto total del proyecto.
- c. Una vez que se hayan atendido las observaciones del informe final, se procederá la firma de un Acta de Entrega – Recepción y se liquidará el 15% del monto restante del proyecto.
- d. La UNAM y el Municipio de Naucalpan, deberán firmar un Convenio General entre sus correspondientes áreas jurídicas, que permita a la Facultad de Química el establecer un Convenio Específico de Colaboración. En caso de aceptación de la presente propuesta Técnico–Económica, el Municipio de Naucalpan deberá girar un oficio vía electrónica al Director de la Facultad de Química, Dr. Jorge Manuel Vázquez Ramos, con atención al Dr. Alfonso Durán Moreno, Departamento de Ingeniería Química (dirección electrónica: alfdur@unam.mx), indicando la aceptación de la propuesta e indicando su compromiso para firmar un Convenio Específico de Colaboración.
- e. La UNAM tiene disponibilidad inmediata para iniciar el servicio a la recepción del oficio de aceptación de la propuesta, así como de una orden de inicio (que se incorporaría posteriormente al convenio específico en la fecha de vigencia del convenio).
- f. El trámite de formalización del Convenio Específico de Colaboración, iniciará inmediatamente después de la aceptación de la propuesta por ambas partes.
- g. Se requiere el otorgamiento de autorizaciones para el Ingreso a los sitios en donde se llevarán a cabo los trabajos de muestreo, tanto para el personal y los vehículos designados por la UNAM que sean necesarias para la realización de los servicios.

- h. Se requiere el otorgamiento de autorizaciones al personal de la UNAM para la toma de fotografías y videos en las áreas de trabajo necesarias para el desarrollo del servicio.
- i. Se requiere la entrega oportuna de información por parte del Municipio de Naucalpan y las instancias afines al proyecto que sea necesaria para el adecuado desarrollo del servicio.
- j. El cumplimiento del programa de trabajo, estará en función de la disponibilidad de información por parte del Municipio de Naucalpan y del otorgamiento oportuno de permisos de acceso y de autorizaciones para la realización de trabajos de campo. No será imputable a la UNAM el retraso de los trabajos en caso de no contar con el acceso a la información necesaria para el desarrollo de los trabajos para el desarrollo del servicio.

XXII.VIII. OBLIGACIONES DE LA UNAM

La UNAM, a través de la Facultad de Química, se compromete a:

- a. Acudir a los sitios indicadas en el alcance para llevar a cabo los trabajos del presente servicio. Acudir y participar en las sesiones de trabajo que con motivo de este proyecto requiera participar para acordar y aclarar las actividades motivo del presente servicio, responsabilizándose del cumplimiento de las disposiciones emanadas de esas reuniones, sin perjuicio de las fechas estipuladas de terminación de los trabajos.
- b. Acudir a las instalaciones donde se depositan los RSU, cuando se tengan que verificar datos.
- c. Elaborar y entregar por escrito y en versión electrónica, para revisión y comentarios del Municipio de Naucalpan, un informe de los productos terminados dentro de los tres primeros días hábiles de cada mes conforme a la propuesta de trabajo, así como un informe final por escrito antes del término del contrato incluyendo una versión electrónica.
- d. El contenido del informe final contendrá el total de los productos entregables descritos en la presente propuesta.
- e. La entrega de los informes se realizará en instalaciones del Municipio de Naucalpan.
- f. Acatar las disposiciones de seguridad institucionales que se indiquen y señalen en el sitio de disposición de los RSU, así como en las instalaciones en las que se lleven a cabo las actividades propias del servicio.



Planta Piloto de Digestión Anaerobia de Residuos Sólidos Orgánicos Municipales (RSOM)

DATOS DE OPERACIÓN



Planta Piloto de Digestión Anaerobia

DATOS DE OPERACIÓN



Mercados y tianguis alimentado 19,298 kg
alimentado 17,733 kg

Domiciliario alimentado 5,371kg
4,600 kg





Planta Piloto de Digestión Anaerobia

DATOS DE OPERACIÓN



FORDECyT

Mercados y tianguis

Mínimo	160
Promedio	471
Máximo	687

Domiciliarios

Mínimo	216
Promedio	413
Máximo	645



Planta Piloto de Digestión Anaerobia

DATOS DE OPERACIÓN



FORDECyT

PARAMETRO	FORSU (MERCADOS Y TIANGUIS)	FORSU (DOMICILIARIO)
%Humedad	87.22	76.63
% ST	12.78	23.37
% SV	11.6	2.87
% SF	1.18	20.51
Agua trituration	278g/kg FORSU	1.34 kg/kg FORSU





Planta Piloto de Digestión Anaerobia

DATOS DE OPERACIÓN



FORDECYT

SUB PRODUCTOS	DOMICILIARIO	MERCADOS Y TIANGUIS
Vegetales	43%	33.9%
Frutas	21%	53.6%
Cárnicos	4%	0.5%
Comida	7%	1.0%
Jardinería	5%	6.0%
Plástico	3%	2.5%
Cartón	1%	0.9%
Madera	0%	0.0%
Metal	0%	0.0%
Tela	0%	0.0%
Inorgánicos (sanitarios)	0%	0.0%
Vidrio	0%	0.0%



Planta Piloto de Digestión Anaerobia

DATOS DE OPERACIÓN



FORDECYT

SUB PRODUCTOS	DOMICILIARIO	MERCADOS Y TIANGUIS
Vegetales	43%	33.9%
Frutas	21%	53.6%
Cárnicos	4%	0.5%
Comida	7%	1.0%
Jardinería	5%	6.0%
Plástico	3%	2.5%
Cartón	1%	0.9%
Madera	0.034%	0.008%
Metal	0.132%	0.003%
Tela	0.038%	0.003%
Inorgánicos (sanitarios)	0.031%	0.008%
Vidrio	0.115%	0.000%





Planta Piloto de Digestión Anaerobia

DATOS DE OPERACIÓN



FORDECYT

Biogás acumulado:

Mercados y tianguis: 1,096 m³

- 62 m³ por tonelada de FORSU

Domiciliarios: 303 m³

- 57 m³ por tonelada de FORSU



100 años
Facultad de
Química



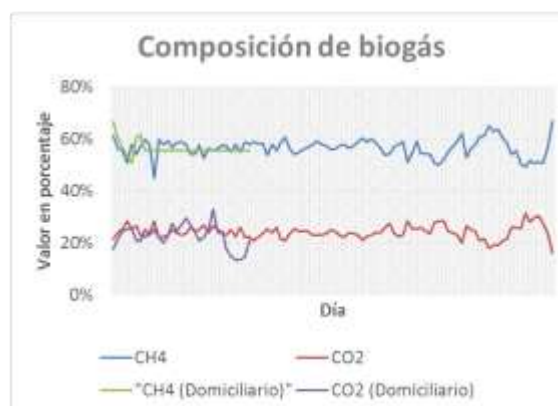
Planta Piloto de Digestión Anaerobia

DATOS DE OPERACIÓN



FORDECYT

Parámetros	Tianguis y Mercados	Domiciliario
CH ₄ Máx	67.10%	66.75%
CH ₄ Mín	44.90%	50.85%
CH ₄ Prom	56.68%	56.44%
CO ₂ Máx	31.50%	33.00%
CO ₂ Mín	16.00%	13.50%
CO ₂ Prom	24.15%	22.56%



100 años
Facultad de
Química





Planta Piloto de Digestión Anaerobia

DATOS DE OPERACIÓN



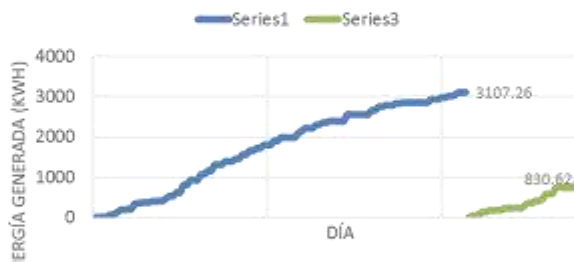
FORDECYT

Energía acumulada:

Mercados y tianguis: 3,107 m³

Domiciliarios: 803 m³

GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD



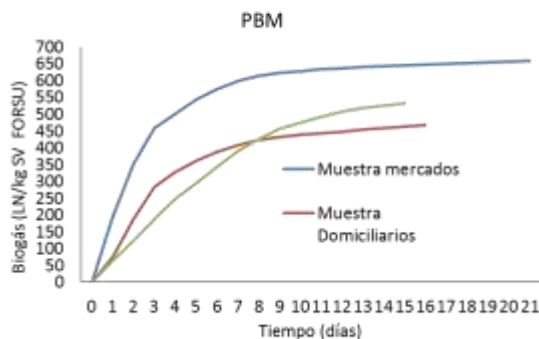
Planta Piloto de Digestión Anaerobia

DATOS DE OPERACIÓN



FORDECYT

	Tianguis y Mercados [LN/kg FORSU]	Domiciliario [LN/kg FORSU]	Grandes Generadores [LN/kg FORSU]
Blanco	499	545	427
Control	1	3.4	3.6
FORSU	73	82	150



	FORSU			Lodo		
	DQO (gO ₂ /kg)	NA (g/kg)	PT (g/kg)	DQO (gO ₂ /kg)	NA (g/kg)	PT (g/kg)
Mercados y Tianguis	294	0.7	26	148	2	5
Domiciliarios	254	0.8	35	104	2	5
Grandes Generadores	394	0.6	28	230	2	5



Anexo 5

**Prestadores de Servicio
Irregulares de Recolección de
Residuos Sólidos Urbanos que
operan en el Municipio de
Naucalpan de Juárez.**

En total en el municipio de Naucalpan de Juárez existen cinco líderes de prestadores de servicio irregulares, se nombran a continuación:

- C. Ismael Espino: 69 vehículos recolectores.
- C. Jessica Cortes Guillen: 40 vehículos recolectores.
- C. Víctor Manuel Espino: 21 vehículos recolectores.
- C. José Roberto Ocadiz Désiga: 21 vehículos recolectores.
- C. Rodolfo Simón Juárez: 13 vehículos recolectores.

Total: 164 vehículos recolectores irregulares

Los datos mostrados a continuación fueron proporcionados por los líderes de los prestadores de servicio irregulares.

Líder: Ismael Espino

No.	PROPIETARIO	MARCA	MODELO	PLACAS	RUTA
1	MARTHA GOMEZ HERNANDEZ	DODGE	1989	KX52709	NO PROPORCIONÓ DATOS
2	DANIEL ESPINO YAÑEZ	FORD	1989	KT86221	NO PROPORCIONÓ DATOS
3	ADRIAN PEREZ LOPEZ	CHEVROLET	1968	NH85168	NO PROPORCIONÓ DATOS
4	M. ANTONIA PADILLA GONZALEZ	FORD	1980	KS74845	NO PROPORCIONÓ DATOS
5	JUAN RODRIGUEZ GREGORIO	FORD	1982	MZ23448	NO PROPORCIONÓ DATOS
6	MARIO ROBLEZ DE LA CRUZ	FORD	1982	KS64856	NO PROPORCIONÓ DATOS
7	ANGEL MARTIN GODINEZ R.	FORD	1991	KX46853	NO PROPORCIONÓ DATOS
8	MARIBEL MERCADO GUTIERREZ	FORD	1991	KW90231	NO PROPORCIONÓ DATOS
9	DANIEL BENITEZ INOCENCIO	FORD	1981	KS35027	NO PROPORCIONÓ DATOS
10	JOSE JUAN GARCIA ALVAREZ T.	DODGE	1998	KW20105	NO PROPORCIONÓ DATOS
11	CLAUDIA ELENE MEDINA LAURA	CHEVROLET	1990	KZ45448	NO PROPORCIONÓ DATOS
12	RICARDO JUAREZ ROBLES	FORD	1998	MX38465	NO PROPORCIONÓ DATOS
13	MANUEL HERNANDEZ HERNANDEZ	DODGE	1994	LA95860	NO PROPORCIONÓ DATOS
14	COSME BECERRIL ALDAMA	CHEVROLET	1999	KU02797	NO PROPORCIONÓ DATOS
15	TERESA VALENCIA SERAFIN	FORD	1979	KT15139	NO PROPORCIONÓ DATOS
16	JOSE J. MARQUEZ MORALEZ	FORD	1984	MU55718	NO PROPORCIONÓ DATOS
17	FRANCISCO ROSAS PEREZ	FORD	2003	KY08508	NO PROPORCIONÓ DATOS
18	IRENE JIMENEZ ROSAS	CHRYSLER	1990	KY38796	NO PROPORCIONÓ DATOS
19	ISIDRO PEREZ ANDRADE	FORD	1977	KY08396	NO PROPORCIONÓ DATOS
20	FILIBERTO BAUTISTA REYES	FORD	1986	KV25562	NO PROPORCIONÓ DATOS
21	JOSE LUIS MENDOZA JIMENEZ	FORD	1990	KL95315	NO PROPORCIONÓ DATOS
22	JOSEFINA LUCAS DE LA CRUZ	FORD	1973	DY85054	NO PROPORCIONÓ DATOS
23	ALEJANDRO SAN JUANERO G.	FORD	1994	KV06630	NO PROPORCIONÓ DATOS
24	MARIA FERNANDA PEREZ B.	CHRYSLER	1985	LTB2870	NO PROPORCIONÓ DATOS
25	LEOBARDO ACUÑA LOZADA	FORD	1994	MZ58240	NO PROPORCIONÓ DATOS
26	SAUL RODRIGUEZ GREGORIO	FORD	1982	LSL8074	NO PROPORCIONÓ DATOS
27	JESUS VALENCIA ESTRADA	FORD	1997	KY29714	NO PROPORCIONÓ DATOS
28	EVA ALVARADO MARTINEZ	DODGE	1978	KX60366	NO PROPORCIONÓ DATOS
29	LUIS FERNANDO GARCIA A.	FORD	1986	LA37231	NO PROPORCIONÓ DATOS
30	CAROLINA GONZALEZ SOLIS	FORD	1980	LA38348	NO PROPORCIONÓ DATOS
31	CARLOS GARCIA CRUZ	CHEVROLET	1987	LA89329	NO PROPORCIONÓ DATOS
32	ERICK GARCIA JIMENEZ	FORD	1985	LA95686	NO PROPORCIONÓ DATOS
33	JOSE CRUZ PLIEGO	FORD	1991	KV74083	NO PROPORCIONÓ DATOS
34	JOSE LUIS ESTRADA SANCHEZ	FORD	1988	LA85508	NO PROPORCIONÓ DATOS
35	FRANCISCO SANCHEZ JIMENEZ	FORD	1995	KV47930	NO PROPORCIONÓ DATOS
36	ALBERTO GONZALEZ CALDERON	FORD	1999	LA05290	NO PROPORCIONÓ DATOS

No.	PROPIETARIO	MARCA	MODELO	PLACAS	RUTA
37	ARMANDO RGUEZ. ROBERTO	FORD	1994	KS57729	NO PROPORCIONÓ DATOS
38	LAZARO ZAMORA MARAVILLA	FORD	1991	KT43476	NO PROPORCIONÓ DATOS
39	SOCORRO ROMERO HERNANDEZ	CHRYSLER	1991	NV60179	NO PROPORCIONÓ DATOS
40	MATILDE LOPEZ SANTIAGO	FORD	1992	KT91529	NO PROPORCIONÓ DATOS
41	GUADALUPE GARCIA GARCÍA	FORD	1988	KX38823	NO PROPORCIONÓ DATOS
42	MARIBEL SANCHEZ ARRIAGA	FORD	1991	KZ90972	NO PROPORCIONÓ DATOS
43	DELIA MORA VALERIO	FORD	1994	LB29390	NO PROPORCIONÓ DATOS
44	FANNY PEREZ ROJAS	FORD	1990	KX37612	NO PROPORCIONÓ DATOS
45	VIVIANA PEREZ ROJAS	CHRYSLER	1988	LYM3184	NO PROPORCIONÓ DATOS
46	ZENON HDEZ HERNANDEZ	FORD	1995	KZY5063	NO PROPORCIONÓ DATOS
47	OLGA ORDOÑEZ JARAMILLO	DODGE	1980	NH96529	NO PROPORCIONÓ DATOS
48	AURELIA SEGUNDO MARTINEZ	FORD	1992	LB13312	NO PROPORCIONÓ DATOS
49	EPIFANIO SANCHEZ CRISTOBAL	FORD	1992	KS04981	NO PROPORCIONÓ DATOS
50	JORGE LUIS JIMENEZ	FORD	1993	KZ11172	NO PROPORCIONÓ DATOS
51	M. DEL CARMEN BARRIENTOS C.	FORD	1981	KW83777	NO PROPORCIONÓ DATOS
52	DANIEL ANGELES DEMAN	FORD	1982	LTJ9351	NO PROPORCIONÓ DATOS
53	MARGARITA MENDOZA JNEZ	CHRYSLER	1988	KZ50141	NO PROPORCIONÓ DATOS
54	ESTELA JIMENEZ JIMENEZ	FORD	1985	KV21926	NO PROPORCIONÓ DATOS
55	JOSE ALFONSO SANCHEZ RIOS	FORD	1993	KU34524	NO PROPORCIONÓ DATOS
56	JOEL SANCHEZ RIOS	FORD	1980	KU82158	NO PROPORCIONÓ DATOS
57	REYNALDO AMADOR OLVERA	FORD	1994	LB30367	NO PROPORCIONÓ DATOS
58	LUIS FELIPE RGUEZ GREGORIO	DODGE	1992	NN86327	NO PROPORCIONÓ DATOS
59	LUIS FELIPE RGUEZ GREGORIO	FORD	1978	MZ65509	NO PROPORCIONÓ DATOS
60	VICTOR CONTRERAS SANTANDER	FORD	1981	KIZ97710	NO PROPORCIONÓ DATOS
61	CRISPIN RGUEZ GREGORIO	FORD	1980	KZ80492	NO PROPORCIONÓ DATOS
62	ALEJANDRO PEREZ GOMEZ	FORD	1991	LB29377	NO PROPORCIONÓ DATOS
63	GENARO ARZATE HERNANDEZ	CHEVROLET	1981	IKUB322	NO PROPORCIONÓ DATOS
64	CARLOS FLORES RAMIREZ	CHEVROLET	1993	MY68310	NO PROPORCIONÓ DATOS
65	JUAN GASPAR HERNANDEZ	FORD	1992	KU59240	NO PROPORCIONÓ DATOS
66	BETY VAZQUEZ GARCIA	CHEVROLET	2000	KS10524	NO PROPORCIONÓ DATOS
67	MARCO ANTONIO ROSAS PEREZ	FORD	2006	KZ47251	NO PROPORCIONÓ DATOS
68	ROSARIO HERNANDEZ SEGUNDO	PICKUP	1998	LB23350	NO PROPORCIONÓ DATOS
69	FRANCISCO ROSAS INOCENCIO	FORD	2000	KZ80402	NO PROPORCIONÓ DATOS

Líder: José Roberto Ocadiz Desiga

No.	PROPIETARIO	MARCA	MODELO	PLACAS	RUTA
1	JOSÉ ROBERTO OCADIZ DESIGA	FORD	1979	LUD1476	SAN RAFAEL 4° SECCIÓN
2	JOSÉ ROBERTO OCADIZ DESIGA	DODGE	1963	MT04730	SAN RAFAEL 4° SECCIÓN
3	ALVARO RAYON VAZQUEZ	DODGE	1980	MYZ555Z	SAN LORENZO TOTOLINGA
4	ALVARO RAYON VAZQUEZ	FORD	1988	LA15449	SAN JOSÉ DE LOS LEONES
5	ALVARO RAYON VAZQUEZ	FORD	1985	KV14066	GUARDIAS Y LAS BARDAS
6	JOSÉ MONROY QUEZADA	FORD	1972	MY19268	LA ERA LA LUNA
7	JUANA MALAGON RAMIREZ	FORD	1969	KY22236	LA MANZANA BANDI
8	ADRIAN RAYON VAZQUEZ	FORD	1977	MX29042	LA CUÑADA
9	CONCEPCION MONROY QUEZADA	FORD	1980	KT74792	BOSHE ARENILLAS
10	AARON ROMAN GONZALEZ	FORD	1979	KV89368	TRES PIEDRAS BATA PANTEÓN
11	JESUS LIBRADO HERNANDEZ ESPIRITU	FORD	1992	XY25119	BONFIL AMPLIACIÓN B. JUÁREZ
12	MARIA ROSALINA NAVARRO PEREZ	FORD	1993	KX36073	GANDAS AMPLIACIÓN
13	ALFONSO FLORES RAMIREZ	FORD	1978	KS99546	SAN JOSÉ 2, 3, 4 SECCIÓN
14	ALFONSO FLORES RAMIREZ	FORD	1998	KX36073	CAPULÍN SOLEDAD
15	PEDRO GONZALEZ MARTINEZ	FORD	1991	LA85508	LA MANCHA III
16	PEDRO LOPEZ RIVERA	FORD	1988	KU05642	BENITO JUÁREZ
17	TOMAS JIMENEZ CANDIDO	FORD	1981	MX30390	SAN ANTONIO ZAMEYUCAN
18	JOSÉ ROGELIO CARDENAS MALAGON	DODGE	1994	MDJ4820	MAGNOLIA Y LA LÁMPARA
19	RICARDO COLIN TREJO	FORD	1993	KX20147	LOMAS DEL CADETE
20	SERGIO HERNANDEZ CAMPOS	FORD	1993	KV54205	NO PROPORCIONÓ DATOS
21	MARIA ROSALINA NAVARRO PEREZ	DODGE	1982	MY56271	NO PROPORCIONÓ DATOS

Líder: Víctor Manuel Ramírez Espino

No.	NOMBRE	MARCA	MODELO	PLACAS	RUTA
1	MARIANO VARGAS CASTAÑEDA	FORD	1989	HY60699	C. ESC. MILITAR DE ENFERMERA MZA. A LTE. 7 COL. ALFREDO DEL MAZO
2	GERARDO RAYON VAZQUEZ	FORD	1991	KU80670	C. SULTEPEC MZA. 146 LTE. 14 COL. SOLIDARIDAD 2DA SECCIÓN
3	JOSE LUIS LAZARO FERIA	FORD	1951	KM05294	MIGUEL ALEMAN MZA. 8 LTE. 2 COL. ALFREDO DEL MAZO
4	MIGUEL ANGEL MORALES PLATA	CHEVROLET	1985	KY29750	C. PRESA DEL SORDO N° 6 COL. BENITO JUAREZ
5	MIGUEL ANGEL MORALES PLATA	FORD	1993	KX57714	C. PRESA DEL SORDO N° 6 COL. BENITO JUAREZ
6	FERNANDO ALVAREZ ALVARADO	FORD	1992	KX5852	C. PRESA DEL SORDO N° 6 COL. BENITO JUAREZ
7	FERNANDO ALVAREZ ALVARADO	CHEVROLET	1987	K578132	C. PRESA DEL SORDO N° 6 COL. BENITO JUAREZ
8	JESUS ESPINO LOPEZ	FORD	1993	KS32945	C. MIGUEL ALEMAN MZA. 5 LTE. 3 COL. BENITP JUAREZ
9	JESUS ESPINO LOPEZ	CHEVROLET	1992	MY38310	C. MIGUEL ALEMAN MZA. 5 LTE. 3 COL. BENITP JUAREZ
10	PEDRO JUAN MARTINEZ	FORD	1991	KS84009	C. TEXCOCO 64 COL. ESTADO DE MÉXICO
11	MIGUEL ANGEL MONTALVO MARTINEZ	DODGE	1989	KX58520	AV. RIO HONDO NO. 4 COL. BENITO JUAREZ
12	ALBERTO JAVIER RAMIREZ ESPINO	DODGE	1974	MZ44468 MZ44486	C. TEXCOCO 72 COL. ESTADO DE MÉXICO
13	REYNALDO JESUS RAMIREZ ESPINO	FORD	1982	MU84202	AV. REIO HONDO NO. 260 COL. MIRAMAR
14	VICTOR MANUEL RAMIREZ ESPINO	FORD	1991	NP55339	C. TEXCOCO 72 COL. ESTADO DE MÉXICO
15	FRANCISCO GARCIA BADILLO	FORD	1992	KY67313	C. MARGARITAS AMPLIACION LOMA LINDA NO. 11 COL. CAPULIN Y ORQUIDEA
16	RAUL MONTES DE OCA REYES	DODGE	1977	MZD1915	C. PLAYA CONDEZA NO. 5 COL. SAN JOSE RIO HONDO
17	GENARO ARZATE HERNANDEZ	CHEVROLET	1981	IKUB322	C. MARGARITAS 11 COL. AMPLIACIÓN LOMA LINDA
18*	RICARDO MOYOLA CANO NOYOLA	FORD	1998	KV06912	COL. SAN ANTONIO ZOMEYUCAN
19*	JUAN JULIO BARRON GUTIERREZ	FORD	1979	AC3GWL	C. MARIANO MATAMOROS N. 41 COL. SAN JOSE DE LOS LEONES
20*	BIBIANA YAÑEZ ESPINO	SD	SD	SD	NO PROPORCIONÓ DATOS
21*	CESAR TORRES JAUREGUI TORRES	SD	SD	SD	NO PROPORCIONÓ DATOS

SD: Sin dato.

Líder: Rodolfo Simón Juárez

	NOMBRE	MARCA	MODELO	PLACAS	RUTAS CALLES
1	JOSÉ ALFONSO SANCHEZ GARCIA	FORD	1985	KS74661	BUENAVISTA, MIRASOL, AV. PRINCIPAL, SAN LORENZO LA CAÑADA, SAN LUIS, UNIVERSAL, WINSTON CHURCHILL, UNIDAD HABITACIONAL 1° Y 2° SECCIÓN
2	RICARDO JUÁREZ ROBLES	FORD	1978	KS78384	SAN AGUSTÍN, SAN ANTONIO, CARRISAL, AV. GUSTAVO BAZ, CFE, CUATRO CIÉNEGAS, SAN VALENTÍN, AV. DE LAS TORRES, EL ROSAL, AV. CENTRAL
3	RICARDO JUÁREZ ROBLES	FORD	1998	MX38465	SAN AGUSTÍN, SAN ANTONIO, CARRISAL, AV. GUSTAVO BAZ, CFE, CUATRO CIÉNEGAS, SAN VALENTÍN, AV. DE LAS TORRES, EL ROSAL, AV. Central
4	DIEGO ARMANDO SANCHEZ GARCIA	FORD	1982	KT18242	CANAL DE LA RIVERA, SUBIDA DEL TORITO, GORRIONES, EMILIANO ZAPATA, AV. DEL TORITO, BAJADA 4 ABRIL
5	JESÚS JUÁREZ HERNÁNDEZ	FORD	1981	KX38353	EBANO, ROBLE, OLIVO, TABACHIN, JACARANDA, ORQUÍDEA, LAS FLORES, EL ROSAL, EMILIANO ZAPATA, SABINO, PRIMAVERA
6	CIRILO JUÁREZ HERNÁNDEZ	FORD	1987	KU17665	SANTA ÚRSULA, ESCALERAS, CANAL DE LA RIVERA, AV. PRINCIPAL, LAS CANTERAS, CALLE SAN LUIS
7	No proporcionó nombre	FORD	1990	KZ12171	RAMOS MILLÁN, 16 DE SEPTIEMBRE, TAURINA
8	RODOLFO SIMON JUAREZ	CHEVROLET	1981	KU82132	AV. SAN MATEO, CALLE SILGEROS, CALLE CAPULLO, RINCÓN VERDE
9	MA. DEL PILAR ADRIANA GONALEZ GARCIA	CHEVROLET	1999		
10	ALBERTO JUAREZ GALLEGOS	FORD	1983	KN69802	AV. MINAS PALACIO, AV. EL PIRUL, AV. LAS TORRES, AV. SN. RAFAEL CHAMAPA
11	ALEJANDRO MALACARA RODRIGUEZ	DODGE	1985	KV64622	DEL PEDREGAL, VICENTE GUERRERO, AV. LAS ROCAS
12	GUADALUPE BELEN HERNANDEZ ZUÑIGA	SD	SD	SD	NO PROPORCIONÓ DATOS
13	MIGUEL ARZATE HERNANDEZ	SD	SD	SD	NO PROPORCIONÓ DATOS

SD: Sin dato.

Líder: Jessica Cortes Guillen

No.	NOMBRE	MARCA	MODELO	PLACAS	RUTA
1	CESAR TORRES JAUREGUI	DODGE	1984	KW95704	LOMA COLORADA, CORRALITO
2	RAUL COLIN ALVAREZ	FORD	1965	KT43445	CHAMISAL, SAN JOSE DE LOS LEONES AV. DE LOS MAESTROS
3	MIGUEL ANGEL CANO HERNANDEZ	DODGE	1980	KU86226	SAN JOSE DE LOS LEONES 1a Y 2a SECCION
4	PEDRO LOPEZ RIVERA	FORD	1988	KU05642	SIERRA TLAXCALA AV. SIERRA NEVADA SIERRA MADRE NORTE
5	IGNACIO MONRROY YAÑEZ	DODGE	1984	MX51456	VALLE DORADO CHAMAPA 6a SECCION
6	IGNACIO MONRROY YAÑEZ	FORD	1982	KU64891	VALLE DORADO CHAMAPA 6a SECCION
7	TOMAS JIMENEZ CANDIDO	FORD	1981	MX30390	SAN ANTONIO ZOMEYUCAN
8	FERNANDO ALVAREZ ALVARADO	CHEVROLET	1991	KY29750	PALO SOLO HUIXQUILUCAN
9	MIGUEL ANGEL PLATA MORALES	CHEVROLET	1978	KX58520	PALO SOLO HUIXQUILUCAN
10	MARIA GABRIELA IBARRA ANGEL	DINA	1980	KZ50283	MAGDALENA CHICHICAZPA
11	MARIA GABRIELA IBARRA ANGEL	FORD	1980	AL01102	MAGDALENA CHICHICAZPA
12	HUMERTO MORALES ZAMORANO	FORD	1981	HS05073	COL. SAN RAFAEL CHAMAPA 4a SECCION
13	JUAN CARLOS GALINDO BALDERAS	FORD	1983	KY59706	SAN JOSE DE LOS LEONES Y GRANJAS
14	GENARO ARZATE HERNANDEZ	CHEVROLET	1981	KUF27	CALZADA DE GUADALUPE
15	LEOBARDO ACUÑA LOZADA	FORD	1986	MZ58240	CALZADA DE GUADALUPE
16	JOSE LUIS GARCIA ROJAS	FORD	1986	NH96291	OLIMPICA AV. GUADALUPE ZAPATA JUSTO SIERRA LA PIRATA
17	LUIS FERNANDO GARCIA ARROYO	DODGE	1981	KU98117	OLIMPICA AV. GUADALUPE ZAPATA JUSTO SIERRA LA PIRATA
18	ANCELMO OCHOA DURAN	CHEVROLET	1982	MZ62253	HUIXQUILUCAN
19	ERNESTO PALMA DURAN	FORD	1997	MX31180	HUIXQUILUCAN
20	JORGE LUIS CHAVEZ TORRES	RAM	1999	KX01930	COL. LOMA LINDA LA UNIVERSAL
21	JORGE LUIS CHAVEZ TORRES	FORD	2003	KZ50131	COL. LOMA LINDA LA UNIVERSAL
22	JORGE LUIS CHAVEZ TORRES	FORD	1997	KZ53787	COL. LOMA LINDA LA UNIVERSAL
23	MARCOS ARZATE FONSECA	FORD	1987	KY08517	MINAS PALACIO SAN LUIS LA PRESA
24	COSME BECERRIL ALDAMA	DODGE	1988	KT24822	LOMA COLORADA 1a SECCION, AV. DE LOS ARCOS

No.	NOMBRE	MARCA	MODELO	PLACAS	RUTA
25	COSME BECERRIL ALDAMA	CHEVROLET	1995	KZ44819	LOMA COLORADA 1a SECCION, AV. DE LOS ARCOS
26	RICARDO CANO	FORD	1984	MU55718	SAN ANTONIO ZOMEYUCAN AV. CENTENARIO Y EL OCOTE
27	ALFONSO RAMIREZ FLORES	FORD	1998	KX36073	SAN JOSE DE LOS LEONES CAPULIN SOLEDAD AV. DE LOS MAESTROS
28	ALFONSO RAMIREZ FLORES	DODGE	1978	NH81757	SAN JOSE DE LOS LEONES CAPULIN SOLEDAD AV. DE LOS MAESTROS
29	JUAN MANUEL CORREA HERNANDEZ	CHEVROLET	1984	KX24047	EMPRESAS
30	FAUSTO CORREA HERNANDEZ	FORD	1985	KW49449	EMPRESAS
31	MARCELINO CORREA HERNANDEZ	FORD	1985	KU07936	EMPRESAS
32	GENARO ARZATE HERNANDEZ	FORD	1985	KN69802	CALZADA DE GUADALUPE
33	EDUARDO FERRERIA VALDIVIA	FORD	1988	MUV43668	AV. MARTIRES DE RIO BLANCO AV. BENITO JUAREZ
34	JESUS OCHOA DURAN	DODGE	1987	MZ18958	PALO SOLO HUIXQUILUCAN
35	DELFINO ROMERO REYES	FORD	1989	MV20544	HUIXQUILUCAN
36	JUAN CARLOS BALTAZAR GARCIA	FORD	1994	KR92138	HUIXQUILUCAN
37	MILLER SANCHEZ TORRES	FORD	1980	MCC9336	HUIXQUILUCAN
38	MILLER SANCHEZ TORRES	FORD	1990	KT12170	HUIXQUILUCAN
39	CANDELARIO	FORD	1977	KT78371	NO PROPORCIONÓ DATOS
40	CANDELARIO	FORD	1986	VP21303	NO PROPORCIONÓ DATOS

Anexo 6

Estudio de Caracterización de Residuos: Estación de Transferencia de Naucalpan, México

Preparado para:

MUNICIPIO DE NAUCALPAN DE JUÁREZ, MEXICO

17 de agosto de 2017



Estudio de Caracterización de Residuos: Estación de Transferencia de Naucalpan, México

Preparado para:

MUNICIPIO DE NAUCALPAN DE JUÁREZ, MEXICO

Preparado por:

AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS

En representación de

**INICIATIVA DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA COALICIÓN DEL CLIMA Y AIRE
LIMPIO**

Aistencia Técnica proporcionada bajo el contrato de EPA EP-C-13-039 por:

ABT ASSOCIATES
4550 Montgomery Ave.
Suite 800N
Bethesda, MD 20810

SCS ENGINEERS
11260 Roger Bacon Drive
Suite 300
Reston, VA 20190

17 de agosto de 2017

Contenidos

	Sección	Página
1	Resumen Ejecutivo	1
2	Introducción	4
3	Plan de Muestreo de los Residuos	6
4	Muestreo y Clasificación de Residuos	7
5	Composición de los Residuos	12
	Composición en Colonias Populares	12
	Composición en Colonias Residenciales	15
	Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia	19
6	Análisis del Potencial de Recuperación	22
	Potencial de Recuperación en Colonias Populares	23
	Potencial de Recuperación en las Colonias Residenciales	24
	Potencial de Recuperación Global en la Estación de Transferencia	25
7	Recomendaciones para la Aplicación de los Resultados del Estudio	26

Índice de Gráficas

No.		Página
	Gráfica 1. Composición Global de Residuos en la Estación de Transferencia.....	2
	Gráfica 2. Composición de Residuos de Colonias Populares	12
	Gráfica 3. Composición de Residuos de Colonias Residenciales	16
	Gráfica 4. Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia	19
	Gráfica 5. Análisis del Potencial de Recuperación en Colonias Populares.....	23
	Gráfica 6. Análisis del Potencial de Recuperación en Colonias Residenciales	24
	Gráfica 7. Análisis del Potencial de Recuperación en la Estación de Transferencia	25

Índice de Tablas236

	Tabla 1. Composición Global de Residuos en la Estación de Transferencia.....	238
	Tabla 2. Área de Recolección de Residuos.....	241
	Tabla 3. Categorías y Tipos de Materiales con Ejemplos	246
	Tabla 4. Composición de los Residuos Provenientes de Colonias Populares.....	249
	Tabla 5. Composición de los Residuos Provenientes de Colonias Residenciales.....	252
	Tabla 6. Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia.....	255
	Tabla 7. Clasificación del Tipo de Material.....	257

1 RESUMEN EJECUTIVO

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) apoyó al Municipio de Naucalpan en la caracterización de sus residuos, como parte de la participación de EPA en la Iniciativa de Residuos Sólidos Municipales (Iniciativa de Residuos) de la Coalición del Clima y Aire Limpio (CCAC) y la Iniciativa Mundial sobre el Metano (GMI).⁴ El estudio de caracterización fue realizado por SCS Engineers y Abt Associates en la estación de transferencia de Naucalpan. El muestreo y clasificación se realizó del 27 al 31 de marzo de 2017. El estudio fue diseñado para proporcionar al municipio información para apoyar decisiones sobre tecnologías y programas de residuos sólidos que reducirán las emisiones y el envío de residuos hacia el relleno sanitario (por ejemplo, mediante reciclaje y recuperación de energía).

El Municipio de Naucalpan identificó dos sectores generadores a ser incluidos en este estudio: 1) Colonias Populares, y 2) Colonias Residenciales. El municipio proporcionó a los gerentes de campo de SCS los manifiestos que muestran las áreas de recolección y proporcionan los números de los camiones que recolectan los desechos en cada una de estas áreas. El personal de la ciudad indicó qué áreas de recolección eran colonias populares y residenciales.

El equipo del proyecto montó una tienda de campaña cerca de la zona donde los camiones de recolección descargan sus residuos. Los camiones fueron inspeccionados al entrar en la estación de transferencia y algunos de ellos fueron seleccionados aleatoriamente para el muestreo. De cada camión muestreado, se obtuvieron aproximadamente 90-100 kilogramos (kg) de residuos.⁵ Después de obtener y pesar los residuos, éstos fueron llevados a la zona donde fueron clasificados. Se clasificaron 44 muestras de residuos durante un período de cinco días. De las 44 muestras, 23 se obtuvieron de áreas de recaudación de colonias populares y 21 de áreas de recaudación de colonias residenciales.⁶ Un grupo de cuatro a seis trabajadores del municipio ayudó a clasificar manualmente cada una de las muestras.

Se desarrollaron perfiles de composición para:

- Colonias populares
- Colonias residenciales
- En conjunto (agrega los resultados de las colonias populares y residenciales)

La Gráfica 1 a continuación resume la composición general de los residuos de los materiales llevados a la estación de transferencia. La Tabla 1 proporciona un desglose más detallado de la composición de los residuos de Naucalpan. Los datos presentados en esta gráfica y tabla son los datos agregados de los perfiles de composición de las colonias populares y residenciales. Los perfiles detallados de composición de residuos para las colonias populares y residenciales se incluyen posteriormente en este informe. Los métodos utilizados para

La Iniciativa de Residuos Sólidos Municipales de la Coalición para el Clima y Aire Limpio une a los gobiernos nacionales y locales, organizaciones internacionales y otros socios para reducir las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta, como el metano y el carbono negro, del sector de los residuos sólidos municipales.

Mayor información:

www.waste.ccacoalition.org
ccac_secretariat@unep.org
[@CCACoalition](https://www.facebook.com/ccacoalition)
[facebook.com/ccacoalition](https://www.facebook.com/ccacoalition)

⁴ Este estudio se llevó a cabo bajo el número de contrato EPA EP-C-13-039, Trabajo No. 3-53.

⁵ La Norma Mexicana NMX-AA-022-1985 establece un peso mínimo de 50 kg para cada muestra.

⁶ No se pudo identificar si una de las muestras provenía de colonias populares o residenciales. El peso de esta muestra estaba por debajo del intervalo deseado de 90-100 kg. Por lo tanto, los datos de esta muestra no se incluyen en los resultados.

realizar el estudio de caracterización de residuos en Naucalpan siguieron prácticas estándar de la industria para realizar estudios similares.

XXIII. Gráfica 1. Composición Global de Residuos en la Estación de Transferencia



Tabla 1. Composición Global de Residuos en la Estación de Transferencia

Componentes de material	Composición	Desviación	Límites de Confianza del 90%	
	Media	Estándar	Inferior	Superior
Papel				
Periódico/impresos	0.5%	0.4%	0.4%	0.6%
Cartón corrugado	0.2%	0.5%	<0.1%	0.3%
Papel reciclable	3.1%	1.5%	2.7%	3.5%
Contenedores encerados	1.2%	0.6%	1.1%	1.3%
Total Papel	4.9%			
Plástico				
Botellas y contenedores de plástico	3.2%	1.6%	2.8%	3.6%
Película de plástico	7.5%	2.9%	6.7%	8.2%
Polistireno	0.9%	1.1%	0.6%	1.2%
Otro plástico rígido	1.1%	2.2%	0.5%	1.6%
Total Plástico	12.6%			
Orgánico				
Papel compostable	9.1%	3.3%	8.3%	9.9%
Restos de comida	30.9%	11.6%	28.0%	33.8%
Total Orgánicos	40.0%			

Otros residuos municipales				
Pañales desechables	5.4%	6.9%	3.7%	7.1%
Residuos finos	4.0%	2.8%	3.3%	4.6%
Otros residuos municipales	4.8%	3.7%	3.9%	5.8%
Total Otros	14.2%			
Metal				
Residuos de metal	0.1%	0.2%	<0.1%	0.2%
Material ferroso	0.7%	0.7%	0.5%	0.8%
Material no ferroso	<0.1%	0.2%	<0.1%	0.1%
Total Metales	0.8%			
Vidrio				
Vidrio transparente	2.3%	1.5%	1.9%	2.7%
Vidrio color	0.9%	1.1%	0.6%	1.2%
Total Vidrio	3.2%			
Residuos de jardín				
Fibra dura vegetal	0.1%	0.3%	<0.1%	0.2%
Residuos de jardinería	10.1%	12.6%	7.0%	13.2%
Total residuos jardín	10.3%			
Otros orgánicos				
Algodón	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hueso	0.5%	1.5%	<0.1%	0.8%
Ropa/textiles	6.0%	6.4%	4.5%	7.6%
Cuero	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hule	0.4%	2.1%	<0.1%	0.9%
Total otros orgánicos	6.9%			

2 INTRODUCCIÓN

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) apoyó al Municipio de Naucalpan en la caracterización de sus residuos, como parte de la participación de EPA en la Iniciativa de Residuos Sólidos Municipales (Iniciativa de Residuos) de la Coalición del Clima y Aire Limpio (CCAC) y la Iniciativa Mundial sobre el Metano (GMI).⁷ El estudio de caracterización fue realizado por SCS Engineers y Abt Associates en la estación de transferencia de Naucalpan. El estudio fue diseñado para proporcionar al municipio información para apoyar decisiones sobre tecnologías y programas de residuos sólidos que reducirán las emisiones y el envío de residuos hacia el relleno sanitario (por ejemplo, mediante reciclaje y recuperación de energía).

La estación de transferencia se estableció para facilitar la gestión y el transporte de los residuos de la ciudad a dos rellenos sanitarios en municipios vecinos. La estación de transferencia está

⁷ Este estudio se llevó a cabo bajo el número de contrato EPA EP-C-13-039, Trabajo No. 3-53.

diseñada para ser una instalación temporal para consolidar los residuos hasta que se pueda establecer una instalación de gestión de residuos más permanente.

Los recolectores del servicio de limpia llevan los residuos a la estación de transferencia en camiones de recolección municipal. Estos camiones suelen ser vehículos de carga trasera operados por al menos dos recolectores. Los camiones que entran en la estación deben conducir a través de la báscula para que se pueda documentar la información sobre la carga de desechos

(transportador, número de camión y peso de los desechos). Posteriormente, el camión procede a

la zona de vuelco donde los residuos se descargan en el suelo. No hay una superficie de concreto o impermeable en la estación de transferencia donde se descargan los residuos. Un trabajador de la estación dirige cada camión de basura a la ubicación exacta donde se va a descargar el residuo.



Trabajadores informales trabajan en todo el sitio y escogen manualmente los residuos para reciclar y otros materiales que se pueden vender. De esta manera se eliminan materiales tales como metal, plástico, papel y vidrio de la corriente de residuos. Estos materiales se embolsan y se

colocan en un área separada para el transporte a un centro de reciclaje/recuperación. Estos trabajadores no son empleados formales del municipio, pero el municipio les autoriza a trabajar en la estación de transferencia. Se calcula que había entre 40 y 60 trabajadores informales recolectando regularmente los desechos cada día. Además de la selección realizada en la estación de transferencia, las cuadrillas municipales de recolección de residuos separan y recolectan los materiales para el reciclaje a medida que recogen residuos de origen residencial y comercial. Con frecuencia, los camiones de basura entran en la estación de transferencia con múltiples bolsas de materiales reciclables atados a los lados o en la parte superior. Esos materiales no se disponían en la estación de transferencia y en cambio se llevaban a otra instalación para su venta y procesamiento. La separación de los materiales de desecho por los trabajadores formales e informales en la estación de transferencia altera la composición de los residuos depositados en la estación de transferencia. Dado que estas actividades ocurrían antes del muestreo de residuos, los materiales no destinados a la disposición en rellenos sanitarios, tales como materiales reciclables, fueron excluidos del análisis.

El municipio cuenta con maquinaria pesada para manejar los residuos, con la cual el personal de la estación lleva los residuos vertidos en la estación de transferencia y los carga en grandes remolques para su transporte y disposición en los rellenos sanitarios de los municipios vecinos de Xonacatlán (36 km) y Tepotzotlán (51 km). La ciudad excavó una porción del sitio en donde los camiones de transferencia se estacionan para cargar. Los materiales de desecho no se compactan antes de la carga. Una vez que el remolque de transferencia está lleno, los trabajadores cubren manualmente la parte superior para evitar que los residuos se vuelen durante el transporte.

El municipio está interesado en desarrollar un programa de manejo de desechos más sustentable que se enfoque en desviar materiales de la disposición en rellenos sanitarios. Esto incluye aumentar la cantidad de materiales recuperados para el reciclaje y evaluar la posibilidad de implementar una tecnología de biodigestión para procesar la fracción orgánica de los residuos para generar energía u otros productos.



Este estudio de caracterización de residuos fue diseñado para ayudar al municipio a comprender mejor los tipos y cantidades de materiales que podrían ser desviados. Los resultados de este estudio pueden utilizarse para ayudar a la ciudad a tomar decisiones más informadas sobre los programas más eficaces y eficientes que se pueden implementar para desviar los residuos y transferencia posteriormente reducir las emisiones de metano y otros contaminantes.

3 PLAN DE MUESTREO DE LOS RESIDUOS

En el estudio de caracterización de residuos se consideraron dos sectores generadores de residuos, contemplados en el bando municipal: 1) Colonias Populares y 2) Colonias Residenciales. El municipio proporcionó un documento que enumera los camiones de recolección de residuos de la ciudad e indica su área de cobertura. Además, cada área de la ciudad fue identificada como colonia popular o residencial, basada en la clasificación incluida en el banco municipal. La Tabla 2 resume las áreas de recolección consideradas en este estudio.

XXIV. Tabla 2. Área de Recolección de Residuos

Populares	Residenciales
Molinito	Lomas Verdes
San Mateo	Echegaray
San Agustín	Satélite
Izcalli	Tecamachalco
Central	

El municipio de Naucalpan estima que alrededor del 60 por ciento de los residuos recibidos en la estación de transferencia son materiales originarios de colonias populares. El 40 por ciento

restante de los residuos se genera en colonias residenciales. En general, el equipo del proyecto clasificó 44 muestras, incluyendo:⁸

- 23 muestras de colonias populares (52 por ciento de las muestras)
- 21 muestras de colonias residenciales (48 por ciento de las muestras)

Casi todos los camiones que depositaron desechos en la estación de transferencia eran propiedad del municipio. Los vehículos de recolección fueron muestreados aleatoriamente a lo largo de la semana. Al principio del día, el Gerente de Muestreo de SCS observaba a los camiones entrando en la estación de transferencia. Cuando entraba un camión que podía ser identificado con un área de recolección particular (basado en el número del camión y la ruta de recolección proporcionada por el municipio) ese camión era seleccionado para el muestreo. El Gerente de Muestreo de SCS obtenía, pesaba y transportaba la muestra al área de clasificación. Las muestras de residuos se extrajeron de ubicaciones aleatorias de la pila de residuos descargada, que a menudo era de la parte de la carga que se podía acceder con seguridad. Este proceso se repitió a lo largo del día hasta que se alcanzó el número de muestras planeado.

4 MUESTREO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

Cuarenta y cuatro muestras fueron clasificadas manualmente en diferentes categorías y tipos de material (Tabla 3). La lista de categorías y materiales se basó en la Norma Mexicana NMX-AA22-085 para la caracterización de residuos. La norma se desarrolló en 1985 y no se ha actualizado para reflejar la naturaleza cambiante del flujo de residuos. Por lo tanto, se añadieron otros tipos de materiales de desecho para este estudio. La clasificación se realizó bajo una tienda de campaña junto a la valla perimetral de la estación de transferencia junto al área de descarga de residuos. El equipo consistió en un Gerente de Clasificación de SCS, el Gerente de Muestreo de SCS y un equipo de trabajo de hasta seis trabajadores que clasificaron manualmente los residuos. El equipo de trabajo fue proporcionado por el municipio. Un miembro del personal de municipio que hablaba inglés con fluidez acompañaba al equipo de SCS cada día para servir como traductor.



⁸ Una muestra adicional obtenida y clasificada no pudo ser identificada como de colonia residencial o popular. Además, el tamaño de dicha muestra no cumplía con los requisitos del estudio. Por lo tanto, los datos de esta muestra no se incluyen en los perfiles de caracterización de residuos desarrollados en este estudio.

El Gerente de Muestreo de SCS observaba los camiones que entraban en la estación de transferencia. Una vez que un camión era pesado en la báscula, el transportista y el número de camión eran registrados y verificados usando las hojas de ruta de recolección proporcionadas por el municipio. El número del camión fue utilizado para identificar el área de recolección del residuo. Basándose en una tabla proporcionada por el municipio, el equipo pudo determinar si cada carga de Residuos descargados de un camión de residuos provenía de una colonia popular recolección en la estación de transferencia o residencial. No hubo comunicación con el conductor debido a barreras de idioma, pero el municipio aseguró que los camiones contenían residuos de la zona indicada en las hojas de ruta proporcionadas. Se utilizaron registros individuales de muestras de residuos para registrar los detalles de cada camión seleccionado para el muestreo, que incluyen transportista, número de camión, ubicación de la colección, fecha y hora. El Gerente de Muestreo SCS solicitó la ayuda de al menos un miembro del equipo para obtener la muestra de los residuos descargados.

El Gerente de Muestreo de SCS observó cada carga de desecho al ser descargada en el suelo. Después de que los residuos del camión fueron descargados y asegurar las condiciones de seguridad, el Miembro del equipo obteniendo muestra Gerente de



muestreo de SCS seleccionaba al azar una porción de la descarga a la que se podía acceder de manera fácil y segura. Los materiales de

desecho se recogían, se colocaban en botes de basura de 110 litros y se pesaban hasta obtener el peso objetivo de la muestra (90-100 kg).⁹ SCS utilizó el Método de Ensayo Estándar Internacional

ASTM para Determinación de la Composición de Residuos Sólidos

Municipales no Procesados que indica que una muestra de residuos de 91 a 136 kg

⁹ La Norma Mexicana NMX-AA-022-1985 establece un peso mínimo de 50 kg para cada muestra

se considera que representa las Clasificación manual de residuos características de una carga de residuos sólidos municipales.¹⁰ Los contenedores de materiales eran transportados a la zona de clasificación para su posterior procesamiento. En todos los casos de selección de muestras, los trabajadores informales recogían los residuos inmediatamente después de ser descargados. Los trabajadores informales se mantenían a cierta distancia del lugar donde se obtenía la muestra. Sin embargo, mientras los camiones se preparaban para descargar, los trabajadores informales se posicionaban alrededor de la zona donde se descargarían los residuos. Aunque los trabajadores informales no interfirieron directamente con la adquisición de la muestra, sí afectaron la accesibilidad a la carga de desecho donde se podía extraer una muestra. Los trabajadores informales rodeaban el camión de recolección de residuos y la carga antes de que el Gerente de Muestreo de SCS pudiera llegar con seguridad a la carga vertida.

Cada una de las 44 muestras de residuos recogidas a lo largo de la semana se clasificaron manualmente en 11 categorías y 30 tipos de materiales que se resumen en la Tabla 3. Las muestras de residuos fueron clasificadas y pesadas por un equipo de cinco a seis personas y supervisadas por el Gerente de Clasificación de SCS. Los procedimientos y objetivos básicos para la clasificación fueron idénticos para cada muestra y cada día del trabajo de campo. Los pasos para la clasificación consistieron en:

1. El equipo de trabajo transfirió la muestra de residuos de los contenedores previamente pesados a la mesa de clasificación hasta que ésta quedaba llena. La mesa de clasificación constaba de un gran panel de madera montado en botes de basura. Alrededor de la mesa de clasificación había 30 botes de basura o contenedores donde se podían depositar los materiales de desecho separados. El peso de tara de cada uno de los recipientes (es decir, el peso cuando está vacío) se midió y se registró en una forma separada. El peso del contenedor se restó del peso del recipiente con residuos para determinar el peso neto de la muestra.
2. El equipo separó manualmente todos los residuos. Los objetos grandes, pesados o voluminosos, tales como bolsas de desechos de jardín o de madera, se abrieron, se examinaron y luego se colocaron directamente en el recipiente apropiado para su posterior pesaje.
3. Se abrieron las bolsas de residuos y el equipo separó cada material en el contenedor apropiado. Los materiales restantes dejados sobre la mesa se

Salud y Seguridad

La salud y la seguridad fueron fundamentales para el éxito del estudio de caracterización de residuos. Los miembros del equipo de trabajo debían usar chalecos de alta visibilidad, gafas de seguridad y guantes resistentes a las perforaciones al clasificar manualmente los residuos. Antes de comenzar el proyecto, el Gerente de Clasificación de SCS dirigió una reunión de salud y seguridad para revisar los peligros de la clasificación manual de materiales de desecho y ofrecer consejos para reducir el potencial de lesiones. Se compartieron recordatorios de seguridad durante toda la semana.

¹⁰ ASTM International, D 5231-92 (reapproved 2003), Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste

caracterizaron visualmente y se observó el porcentaje de cada material de desecho observable. Los materiales se colocaron en un recipiente vacío y se pesaron.

4. Después de la clasificación, los recipientes con los materiales separados se trasladaron a una escala calibrada para el pesaje. El Gerente de Clasificación de SCS pesó cada contenedor de materiales y apuntó el peso neto en el registro de muestras de residuos. Se mantuvo un registro de muestras de desechos por separado para cada una de las 44 muestras. Los pesos se redondearon al 0.01 de libra más cercana.

5. Después de registrar el peso de cada recipiente de materiales clasificados, los materiales se disponían en el área de descargas de la estación de transferencia.

Este proceso de cinco pasos se repitió hasta que se caracterizaron todas las muestras. Las muestras de residuos se mantuvieron en condiciones de disposición o lo más cerca posible hasta que comenzó la clasificación. Los factores que podrían afectar las condiciones de los materiales de desecho, tales como compactación, lluvia o recolección de materiales por parte de trabajadores informales, fueron mitigados de manera que la composición o condición de la muestra no cambió.

El estudio de caracterización de residuos se programó para evitar días festivos u otros eventos fuera de lo común que podrían sesgar el programa de muestreo. Los métodos utilizados para realizar el estudio de caracterización de residuos de Naucalpan siguieron prácticas estándar de la industria para estudios similares



Supervisión de la clasificación de residuos



Pesaje de contenedores con materiales clasificados



Miembros del equipo de trabajo llevan los residuos clasificados de vuelta al área de disposición de la estación de transferencia

XXV. Tabla 3. Categorías y Tipos de Materiales con Ejemplos

Categoría de Residuos	Tipo de Material	Ejemplo
Papel	Periódico/impresos	Periódicos
	Cartón corrugado	Cajas de empaque y mensajería
	Papel reciclable	Revistas, papel de oficina, cartón
	Contenedores encerados	Empaques de leche o jugo
Plástico	Botellas/contenedores de plástico (#1-7 e inidentificados)	Yogurt, refrescos, medicinas, leche, detergente, macetas
	Película de plástico	Bolsas de supermercado o basura, empaque de alimentos
	Poliestireno	Cubiertos o vasos desechables, empaques
	Otro plástico rígido	Cubetas, juguetes, muebles, recipientes

Orgánicos	Papel composteable	Servilletas, servitoallas, pañuelos
	Restos de comida	Verduras, carne, pan
Otros residuos municipales	Pañales desechables	Pañales desechables
	Residuos finos	Material pequeño indistinguible de < 2 cm
	Otros residuos municipales	Materiales que no corresponden a ninguna otra categoría
Metal	Residuos de metal	Residuos de metal ferrosos y no ferrosos
	Material ferroso	Latas de alimento, sopas, aerosoles
	Material no ferroso	Latas de cerveza o refresco
Vidrio	Vidrio transparente	Vidrio transparente
	Vidrio de color	Vidrio de color
Residuos de jardín	Fibra dura vegetal	Materiales de madera - ramas, maleza, tocones
	Residuos de jardinería	Follaje, pasto, materiales sin madera
Otros orgánicos	Algodón	Algodón
	Hueso	Hueso
	Ropa/textiles	Ropa, zapatos
	Cuero	Cinturones, algunos zapatos
	Hule	Guantes
Electrónicos*	Electrónicos	Teléfonos celulares, computadoras, radios
Peligrosos*	Peligrosos	Pintura, baterías, sustancias químicas, residuos médicos
Residuos inertes	Madera	Paletas de madera, residuos de madera
	Cerámica	Platos, vasos
	Materiales de construcción	Grava, ladrillos, concreto, asfalto, polvo

Nota: * = categorías no incluidas en la Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. La norma enumera el resto de las categorías, pero no las agrupa en fracciones de desechos

5 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS

En esta sección se presentan los perfiles de composición de residuos para las colonias populares y residenciales de Naucalpan, así como para en términos globales. Las tablas y gráficas de esta sección presentan el porcentaje medio de composiciones por peso, desviaciones estándar e intervalos de confianza estadística (intervalo de confianza del 90%) para cada tipo de material.¹¹

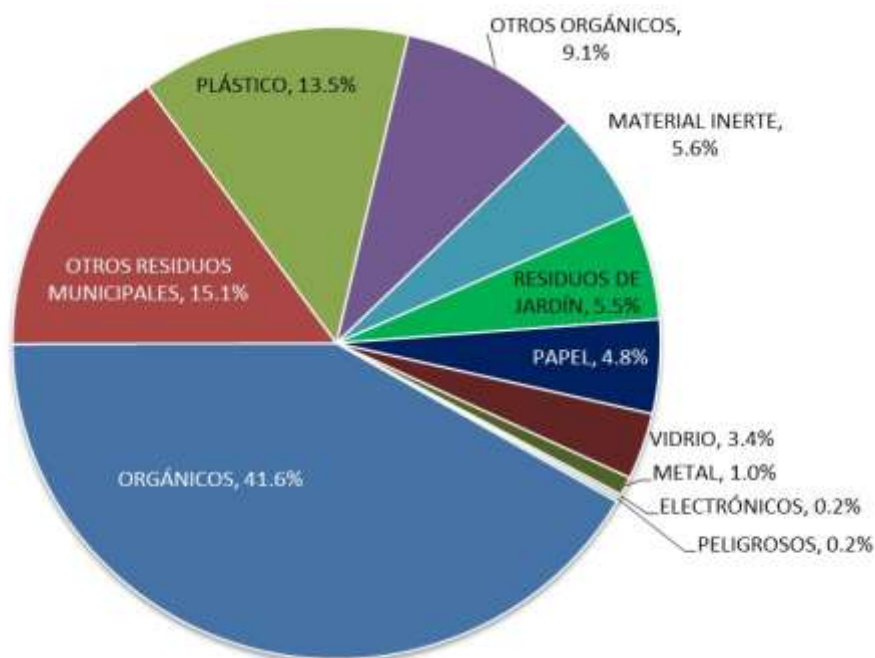
¹¹ La media es el promedio aritmético de los datos de cada sector generador (colonias populares y residenciales) y la desviación estándar es una medida de la dispersión en los datos. En conjunto, la media y la desviación estándar determinan el intervalo de confianza. Un intervalo de confianza del 90 por ciento contiene la proporción verdadera de un componente de desecho con 90 por ciento de confianza (es decir, estudios similares producirán los mismos resultados 90 por ciento del tiempo).

Composición en Colonias Populares

La gráfica 2 ofrece una visión general de la composición de los desechos de las muestras procedentes de colonia populares por categorías. La Tabla 4 presenta el perfil completo de caracterización de residuos de las colonias populares en el Municipio de Naucalpan para los 30 tipos de materiales. Los tipos de materiales que constituyen la mayor porción del flujo de residuos de colonias populares incluyen:

- Restos de comida – 31.8 por ciento
- Papel compostable – 9.7 por ciento
- Película de plástico – 7.9 por ciento
- Ropa/textiles – 7.9 por ciento

Gráfica 2. Composición de Residuos de Colonias Populares



XXVI.Tabla 4. Composición de los Residuos Provenientes de Colonias Populares

Componentes de material	Composición	Desviación	Límites de Confianza del 90%	
	Media	Estándar	Inferior	Superior
Papel				
Periódico/impresos	0.5%	0.4%	0.3%	0.6%
Cartón corrugado	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Papel reciclable	3.1%	1.5%	2.6%	3.6%
Contenedores encerados	1.2%	0.6%	1.0%	1.4%
Total Papel	4.8%			
Plástico				
Botellas y contenedores de plástico	3.1%	1.7%	2.5%	3.7%
Película de plástico	7.9%	3.4%	6.8%	9.1%
Polistireno	1.0%	1.3%	0.6%	1.5%
Otro plástico rígido	1.5%	2.8%	0.5%	2.4%
Total Plástico	13.5%			
Orgánico				
Papel compostable	9.7%	2.8%	8.8%	10.7%
Restos de comida	31.8%	12.1%	27.7%	36.0%
Total Orgánicos	41.6%			
Otros residuos municipales				
Pañales desechables	5.6%	4.1%	4.2%	7.0%
Residuos finos	4.2%	3.0%	3.2%	5.2%
Otros residuos municipales	5.3%	3.6%	4.1%	6.5%
Total Otros	15.1%			
Metal				
Residuos de metal	0.2%	0.3%	<0.1%	0.3%
Material ferroso	0.7%	0.8%	0.4%	1.0%
Material no ferroso	<0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%
Total Metales	0.9%			
Vidrio				
Vidrio transparente	2.6%	1.6%	2.0%	3.1%
Vidrio color	0.9%	1.0%	0.5%	1.2%
Total Vidrio	3.4%			
Residuos de jardín				
Fibra dura vegetal	<0.1%	0.1%	<0.1%	0.1%
Residuos de jardinería	5.4%	7.2%	2.9%	7.8%
Total residuos jardín	5.5%			

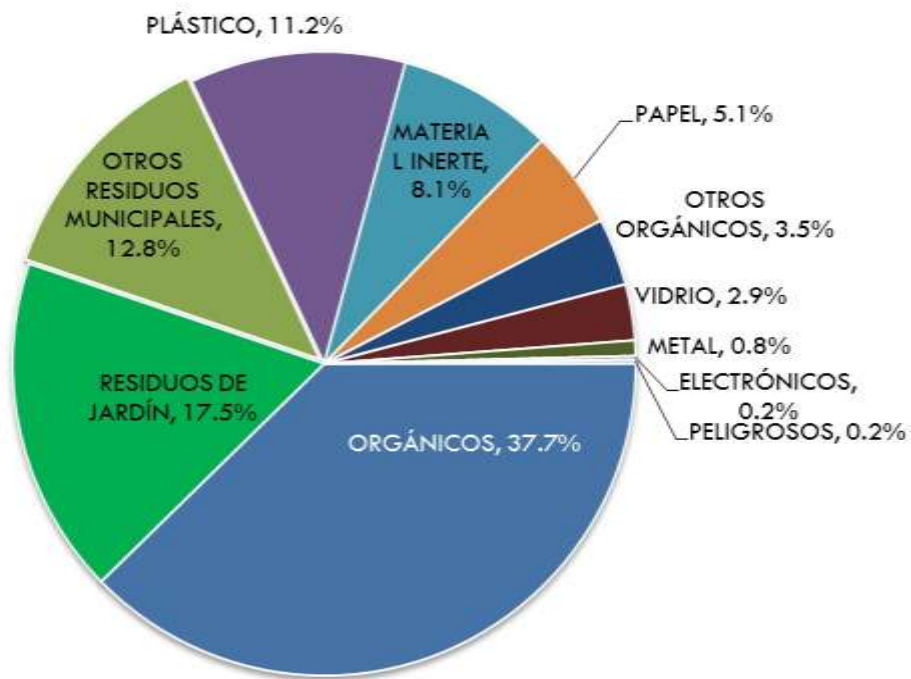
Otros orgánicos				
Algodón	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hueso	0.6%	1.8%	<0.1%	1.2%
Ropa/textiles	7.9%	7.7%	5.3%	10.6%
Cuero	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hule	0.6%	2.7%	<0.1%	1.5%
Total otros orgánicos		9.1%		
Electrónicos				
Electrónicos	0.2%	0.3%	<0.1%	0.3%
Total electrónicos		0.2%		
Peligrosos				
Peligrosos	0.2%	0.6%	<0.1%	0.4%
Total peligrosos		0.2%		
Residuos inertes				
Madera	1.1%	2.2%	0.3%	1.8%
Cerámica	0.3%	0.6%	<0.1%	0.5%
Materiales de construcción	4.3%	11.9%	0.2%	8.4%
Total material inerte		5.6%		
TOTAL		100.0%		

Nota: Composición basada en 23 muestras

Composición en Colonias Residenciales

El Cuadro 3 ofrece una visión general de la composición de los residuos de las muestras de las colonias residenciales por categoría. La Tabla 5 presenta el perfil completo de caracterización de residuos de los barrios de altos ingresos de la ciudad de Naucalpan para los 30 tipos de materiales. Los tipos de materiales que constituyen la porción más grande del flujo de residuos del vecindario de altos ingresos incluyen:

- Restos de comida – 29.6 por ciento;
- Residuos de jardín – 17.2 por ciento; □ Papel compostable – 8.2 por ciento;
- Película de plástico – 6.8 por ciento.

Gráfica 3. Composición de Residuos de Colonias Residenciales

XXVII.Tabla 5. Composición de los Residuos Provenientes de Colonias Residenciales

Componentes de material	Composición	Desviación	Límites de Confianza del 90%	
	Media	Estándar	Inferior	Superior
Papel				
Periódico/impresos	0.5%	0.4%	0.4%	0.7%
Cartón corrugado	0.3%	0.7%	<0.1%	0.6%
Papel reciclable	3.1%	1.5%	2.5%	3.6%
Contenedores encerados	1.2%	0.6%	1.0%	1.4%
Total Papel	5.1%			
Plástico				
Botellas y contenedores de plástico	3.2%	1.4%	2.7%	3.7%
Película de plástico	6.8%	2.1%	6.0%	7.5%
Polistireno	0.7%	0.3%	0.6%	0.8%
Otro plástico rígido	0.4%	0.6%	0.2%	0.7%
Total Plástico	11.2%			
Orgánico				
Papel compostable	8.2%	3.8%	6.8%	9.6%
Restos de comida	29.6%	10.9%	25.7%	33.5%
Total Orgánicos	37.7%			
Otros residuos municipales				
Pañales desechables	5.2%	9.7%	1.7%	8.6%
Residuos finos	3.5%	2.5%	2.6%	4.4%
Otros residuos municipales	4.1%	3.8%	2.8%	5.5%
Total Otros	12.8%			
Metal				
Residuos de metal	<0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%
Material ferroso	0.6%	0.4%	0.5%	0.8%
Material no ferroso	<0.1%	0.3%	<0.1%	0.2%
Total Metales	0.6%			
Vidrio				
Vidrio transparente	1.9%	1.2%	1.5%	2.4%
Vidrio color	1.0%	1.2%	0.5%	1.4%
Total Vidrio	2.9%			
Residuos de jardín				
Fibra dura vegetal	0.2%	0.5%	<0.1%	0.4%
Residuos de jardinería	17.2%	17.9%	10.8%	23.7%
Total residuos jardín	17.5%			
Otros orgánicos				
Algodón	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hueso	0.2%	0.7%	<0.1%	0.5%
Ropa/textiles	3.3%	3.4%	2.0%	4.5%
Cuero	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hule	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Total otros orgánicos	3.5%			
Electrónicos				
Electrónicos	0.2%	0.6%	<0.1%	0.4%
Total electrónicos	0.2%			

Peligrosos				
Peligrosos	0.2%	0.8%	<0.1%	0.5%
Total peligrosos	0.2%			
Residuos inertes				
Madera	1.6%	4.9%	<0.1%	3.4%
Cerámica	<0.1%	0.2%	<0.1%	0.2%
Materiales de construcción	6.4%	9.1%	3.1%	9.7%
Total material inerte	8.1%			
TOTAL	100.0%			

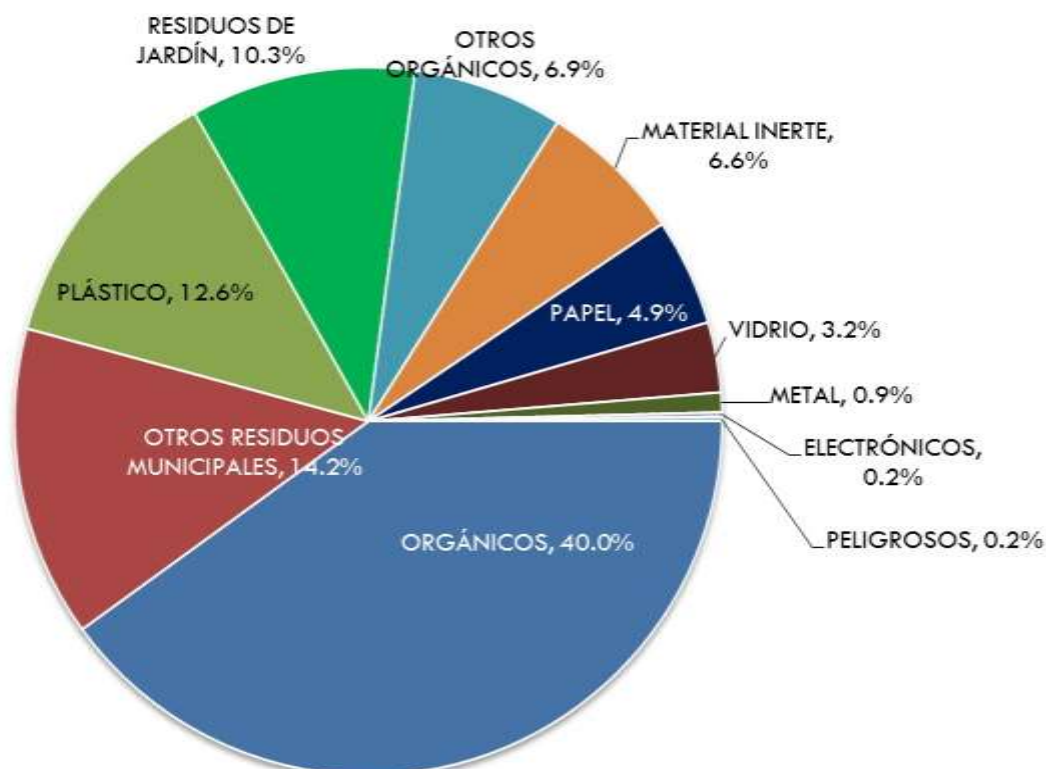
Nota: Composición basada en 21 muestras

Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia

La Gráfica 4 muestra la composición general de residuos para el Municipio de Naucalpan. Estos datos, junto con el desglose detallado en la Tabla 6, agregaron los datos de generación de residuos de las colonias populares y residenciales. El Municipio de Naucalpan estima que el 60 por ciento de los residuos llevados a la estación de transferencia se genera en colonias populares, mientras que el 40 por ciento restante se genera en colonias residenciales. Combinado esto representa la composición total de los desechos generados en el Municipio de Naucalpan y transportados a la estación de transferencia. Los tipos de materiales que constituyen la mayor parte de los flujos de residuos del municipio en la estación de transferencia incluyen:

- Residuos de comida – 30.9 por ciento
- Residuos de jardín – 10.1 por ciento
- Papel compostable – 9.1 por ciento
- Película de plástico – 7.5 por ciento

Gráfica 4. Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia



XXVIII.Tabla 6. Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia

Componentes de material	Composición	Desviación	Límites de Confianza del 90%	
	Media	Estándar	Inferior	Superior
Papel				
Periódico/impresos	0.5%	0.4%	0.4%	0.6%
Cartón corrugado	0.2%	0.5%	<0.1%	0.3%
Papel reciclable	3.1%	1.5%	2.7%	3.5%
Contenedores encerados	1.2%	0.6%	1.1%	1.3%
Total Papel	4.9%			
Plástico				
Botellas y contenedores de plástico	3.2%	1.6%	2.8%	3.6%
Película de plástico	7.5%	2.9%	6.7%	8.2%
Polistireno	0.9%	1.1%	0.6%	1.2%
Otro plástico rígido	1.1%	2.2%	0.5%	1.6%
Total Plástico	12.6%			
Orgánico				
Papel compostable	9.1%	3.3%	8.3%	9.9%
Restos de comida	30.9%	11.6%	28.0%	33.8%
Total Orgánicos	40.0%			
Otros residuos municipales				
Pañales desechables	5.4%	6.9%	3.7%	7.1%
Residuos finos	4.0%	2.8%	3.3%	4.6%
Otros residuos municipales	4.8%	3.7%	3.9%	5.8%
Total Otros	14.2%			
Metal				
Residuos de metal	0.1%	0.2%	<0.1%	0.2%
Material ferroso	0.7%	0.7%	0.5%	0.8%
Material no ferroso	<0.1%	0.2%	<0.1%	0.1%
Total Metales	0.8%			
Vidrio				
Vidrio transparente	2.3%	1.5%	1.9%	2.7%
Vidrio color	0.9%	1.1%	0.6%	1.2%
Total Vidrio	3.2%			
Residuos de jardín				
Fibra dura vegetal	0.1%	0.3%	<0.1%	0.2%
Residuos de jardinería	10.1%	12.6%	7.0%	13.2%
Total residuos jardín	10.3%			

Otros orgánicos				
Algodón	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hueso	0.5%	1.5%	<0.1%	0.8%
Ropa/textiles	6.0%	6.4%	4.5%	7.6%
Cuero	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hule	0.4%	2.1%	<0.1%	0.9%
Total otros orgánicos	6.9%			
Electrónicos				
Electrónicos	0.2%	0.4%	<0.1%	0.3%
Total electrónicos	0.2%			
Peligrosos				
Peligrosos	0.2%	0.7%	<0.1%	0.3%
Total peligrosos	0.2%			
Residuos inertes				
Madera	1.3%	3.5%	0.4%	2.2%
Cerámica	0.2%	0.5%	<0.1%	0.3%
Materiales de construcción	5.1%	10.8%	2.4%	7.8%
Total material inerte	6.6%			
TOTAL	100.0%			

Nota: Composición basada en 44 muestras

6 ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE RECUPERACIÓN

Los resultados de este estudio muestran que una parte significativa de los desechos que llega a la estación de transferencia podría ser recuperada para reciclaje, compostaje, biodigestión u otros usos benéficos. En esta sección se utilizan los datos de composición de residuos para estimar el porcentaje de materiales que podrían ser recuperados. Los tipos de materiales clasificados durante este estudio (de la Tabla 3) pueden desglosarse en cuatro categorías principales: reciclables; compostables; reutilizables y no recuperables. La Tabla 7 proporciona un resumen de los tipos de materiales que se clasifican en cada una de estas categorías.

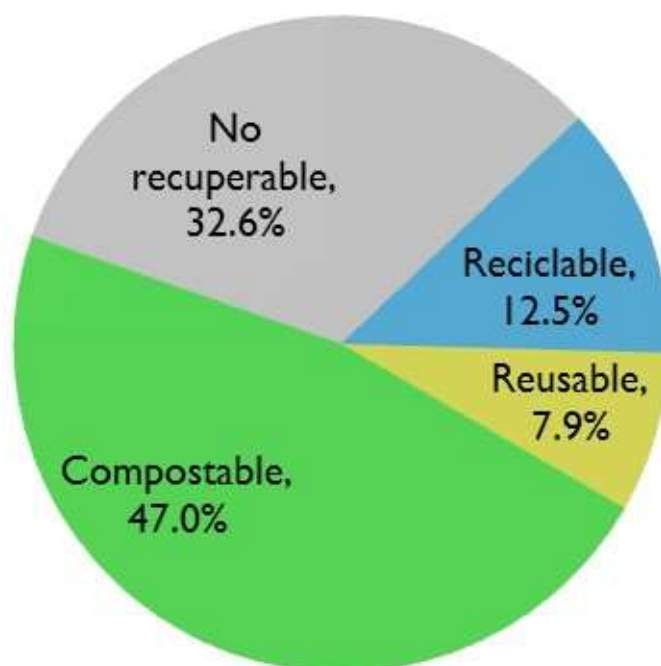
XXIX. Tabla 7. Clasificación del Tipo de Material

Clasificación	Tipo de Material
Reciclable	Periódicos/impresos Cartón corrugado Papel reciclable Contenedores encerados Botellas y contenedores de plástico Material ferrosos Material no ferroso Residuos de metal Vidrio transparente Vidrio de color Electrónicos
Compostable	Papel compostable Residuos de alimentos Fibra dura vegetal Residuos de jardinería
Reusable	Ropa/textiles
No Recuperable	Película de plástico Polistireno Otro plástico rígido Pañales desechables Residuos finos Otros residuos municipales Algodón Hueso Cuero Hule Peligrosos Madera Cerámica Materiales de construcción

Potencial de Recuperación en Colonias Populares

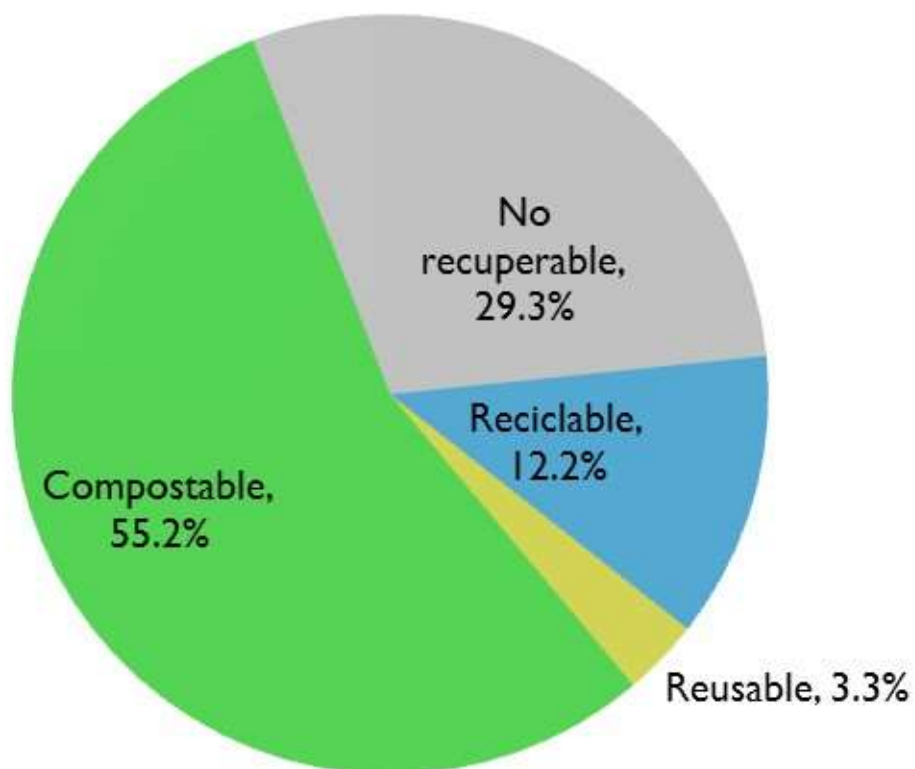
Con base en los resultados de este estudio, se estima que casi el 69 por ciento de los desechos generados las colonias populares son potencialmente recuperables. La Gráfica 5 resume el porcentaje de los residuos que se consideran reciclables, compostables, reutilizables y no recuperables, basado en las clasificaciones de la Tabla 7.

Gráfica 5. Análisis del Potencial de Recuperación en Colonias Populares



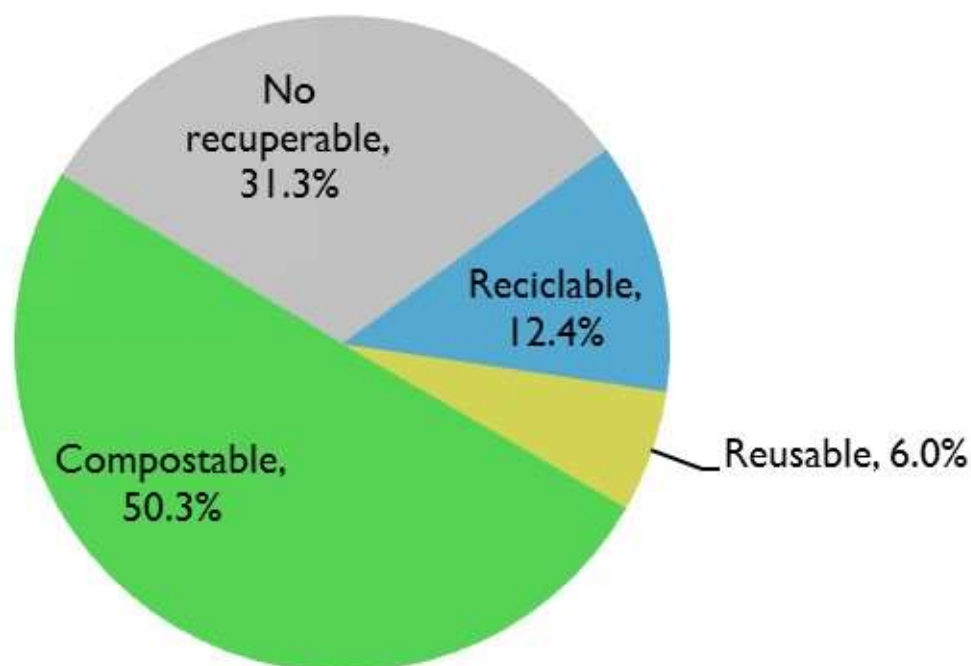
Potencial de Recuperación en las Colonias Residenciales

Con base en los resultados de este estudio, se estima que más del 70 por ciento de los residuos generados en las colonias residenciales son potencialmente recuperables. La Gráfica 6 resume el porcentaje de los residuos que se consideran reciclables, compostables, reutilizables y no recuperables, basado en las clasificaciones de la Tabla 7.

Gráfica 6. Análisis del Potencial de Recuperación en Colonias Residenciales

Potencial de Recuperación Global en la Estación de Transferencia

Con base en los resultados de este estudio, se estima que el 68.7 por ciento de los residuos generados en el municipio y llevados a la estación de transferencia de Naucalpan son potencialmente recuperables. La Gráfica 7 resume el porcentaje de los residuos que se consideran reciclables, compostables, reutilizables y no recuperables, basado en las clasificaciones de la Tabla 7.

Gráfica 7. Análisis del Potencial de Recuperación en la Estación de Transferencia

7 RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO

Los métodos utilizados para llevar a cabo el estudio de caracterización de residuos de Naucalpan siguieron prácticas estándar de la industria para estudios similares. Los datos de composición de residuos presentados en este informe son una representación razonable y confiable de los residuos transportados a la estación de transferencia. Los datos y resultados de este análisis pueden ser utilizados por el municipio de varias maneras:

- ▶ Pueden informar los esfuerzos para seleccionar y evaluar programas y tecnologías para recuperar residuos y reducir la cantidad de éstos que son dispuestos en un relleno sanitario.
- ▶ Aportan información para la selección de tecnologías, la inversión en infraestructura y el dimensionamiento de instalaciones y programas.

- ▶ Ayudan a estimar la cantidad de residuos que potencialmente pueden recuperarse a través de programas y tecnologías adicionales.

Es importante señalar que cualquier programas y tecnologías que pudiera ser adoptada en Naucalpan debe ser evaluado de manera individual y, de ser factible, probados en los residuos llevados a la estación de transferencia. Esto ayudará al municipio a evaluar mejor el éxito

Anexo 7

**Centros de Acopio Irregulares
de Residuos Sólidos
Comercializables que operan
en el Municipio de Naucalpan
de Juárez.**

Hasta la fecha se han identificado 63 centros de acopio en el municipio de Naucalpan de Juárez: 41 en Rincón Verde, 7 en Chimalpa, 7 en la Ahuizotla, 9 San Luis Tlatilco, 8 El Torito, 4 San Mateo y 1 10 de Abril.

Zona	Centros de Acopio RV			
	Punto	Coordenadas		Descripción de Actividades
Rincon Verde	1	19°29'56.89"N	99°17'4.65"O	
	2	19°29'55.55"N	99°17'8.42"O	Principalmente se dedica a la compra y venta de Cartón.
	3	19°29'54.45"N	99°17'9.36"O	Principalmente se dedica a la compra y venta de Materiales como: aluminio, fierro, papel, cartón, cobre, PET, plástico.
	4	19°29'54.23"N	99°17'9.74"O	Se dedica a la compra de PET y cartón
	5	19°29'52.74"N	99°17'11.57"O	Compra PET, plástico duro, periódico, aluminio, fierro, cartón
	6	19°29'51.48"N	99°17'13.51"O	Compra PET, plástico duro, periódico, aluminio, fierro, cartón, película
	7	19°29'50.02"N	99°17'15.19"O	compra fierro, aluminio, papel, periódico, PET
	8	19°29'48.22"N	99°17'19.99"O	compra PET, plástico duro, aluminio, cartón, papel, fierro
	9	19°29'46.04"N	99°17'26.34"O	Compra plástico duro, PET.
	10	19°29'45.10"N	99°17'24.96"O	Compra plástico duro, PET, película.
	11	19°29'43.47"N	99°17'25.43"O	compra cartón, periódico, PET, archivo
	12	19°29'43.22"N	99°17'25.56"O	Compra cartón, papel periódico, PET.
	13	19°29'42.07"N	99°17'26.54"O	compra cartón, periódico, papel, revistas, archivo
	14	19°29'41.04"N	99°17'27.76"O	compra PET, plástico, cartón, aluminio, archivo, película
	15	19°29'40.74"N	99°17'28.13"O	compra, cartón, archivo, PET, papel, periódico
	16	19°29'38.94"N	99°17'30.51"O	Compra, PET, plástico duro, película, aluminio.
	17	19°29'38.30"N	99°17'31.24"O	Compra, aluminio, PET, plástico.
	18	19°29'46.05"N	99°19'24.31"O	compra, PET, película
	19	19°29'49.88"N	99°19'12.57"O	compra, PET, periódico, cartón, aluminio
	20	19°29'54.81"N	99°17'50.92"O	Compra película
	21	19°29'53.85"N	99°17'48.92"O	Compra aluminio, cartón, periódico.
	22	19°29'53.65"N	99°17'48.79"O	Compra PET, aluminio, película.

Zona	Centros de Acopio RV				
	Punto	Coordenadas		Descripción de Actividades	
	23	19°29'53.18"N	99°17'47.28"O	Compra aluminio, PET, película.	
	24	19°29'53.01"N	99°17'47.05"O	Compra aluminio, PET, película.	
	25	19°29'51.43"N	99°17'41.80"O	Compra aluminio, PET, película.	
	26	19°29'50.53"N	99°17'38.45"O	Compra PET, película, papel, cartón, periódico, archivo	
	27	19°29'50.07"N	99°17'36.66"O	compra PET, plástico duro, plástico, aluminio, madera	
	28	19°29'53.46"N	99°17'48.99"O	compra, cartón, archivo, PET, papel, periódico	
	29	19°29'54.07"N	99°17'48.57"O	Compra aluminio, PET, película.	
	30	19°29'54.36"N	99°17'49.24"O	compra fierro, aluminio, papel, periódico, PET	
	31	19°29'54.28"N	99°17'51.48"O	compra, cartón, archivo, PET, papel, periódico	
	32	19°29'54.73"N	99°17'51.53"O	Se dedica a la compra de PET y cartón	
	33	19°29'55.02"N	99°17'51.63"O	Compra, aluminio, PET, plástico.	
	34	19°29'55.21"N	99°17'53.99"O	Compra aluminio, PET, película.	
	35	19°29'51.67"N	99°17'56.76"O	Compra, aluminio, PET, plástico.	
	36	19°29'50.77"N	99°18'40.90"O	compra fierro, aluminio, papel, periódico, PET	
	37	19°29'46.57"N	99°19'24.71"O	Se dedica a la compra de PET y cartón	
	38	19°29'41.69"N	99°19'25.86"O	Compra, cartón, archivo, PET, papel, periódico	
	39	19°29'10.11"N	99°18'57.22"O	Compra, aluminio, PET, plástico.	
	40	19°29'11.89"N	99°18'45.90"O	Compra aluminio, PET, película.	
	41	19°29'38.34"N	99°17'30.71"O	Compra fierro, aluminio, papel, periódico, PET	
	San Mateo	1	19°30'1.14" N	99°15'24.86"O	Compra, PET, periódico, fierro, aluminio, cobre, baterías, archivo, película.
		2	19°30'7.71"N	99°15'28.27"O	Compra PET, cartón, periódico, película, aluminio
3		19°30'9.59"N	99°16'37.05"O	compra fierro, aluminio, papel, periódico, PET	
4		19°30'8.52"N	99°17'0.05"O	Compra fierro, cobre, bronce, latón, baterías, aluminio, PET	
Chimalpa	1	19°26'31.81"N	99°17'38.79"O	Compra fierro, cobre, bronce, latón, baterías, aluminio, PET, cartón, periódico, plástico duro	

Zona	Centros de Acopio RV			
	Punto	Coordenadas		Descripción de Actividades
	2	19°26'31.64"N	99°17'39.10"O	Compra fierro, cobre, bronce, latón, baterías, aluminio, PET, cartón, periódico, plástico duro
	3	19°26'30.34"N	99°17'44.14"O	Compra PET, película, papel, cartón, periódico, archivo
	4	19°26'11.25"N	99°18'37.91"O	Compra, PET, cartón, periódico, película, fierro, baterías
	5	19°26'15.63"N	99°18'57.97"O	Compra madera.
	6	19°26'12.87"N	99°19'17.01"O	Compra, PET, plástico duro, película, aluminio, cartón, archivo, periódico.
	7	19°26'28.31"N	99°17'57.66"O	Compra madera, PET, cobre, bronce, aluminio, fierro.
	Ahuizotla	1	19°28'3.95"N	99°12'55.26"O
2		19°28'6.72"N	99°13'1.06"O	Compra, cartón, archivo, PET, papel, periódico
3		19°28'3.36"N	99°12'47.27"O	Compra, cartón, archivo, PET, papel, periódico
4		19°28'20.37"N	99°12'53.07"O	Compra, fierro, aluminio, bronce, cobre, latón, baterías
5		19°28'22.10"N	99°12'47.90"O	Compra cartón, periódico, plástico, película, PET, archivo, textil.
6		19°28'10.66"N	99°12'48.46"O	Compra plástico y polietileno
7		19°28'14.11"N	99°12'47.55"O	Compra periódico, cartón, PET
El Torito	1	19°27'56.37"N	99°15'19.69"O	Compra plástico, plástico duro y madera
	2	19°27'56.79"N	99°15'19.04"O	Compra madera
	3	19°27'57.50"N	99°15'13.40"O	Compra aluminio, fierro, bronce, latón, baterías, PET, plástico duro
	4	19°27'57.40"N	99°15'13.03"O	Compra madera, PET, cobre, bronce, aluminio, fierro.
	5	19°27'58.52"N	99°15'10.37"O	Compra PET, aluminio, película.
	6	19°27'59.93"N	99°15'5.74"O	compra, fierro, aluminio, bronce, cobre, latón, baterías
	7	19°28'0.13"N	99°15'5.17"O	Compra cartón, PET, periódico, archivo
	8	19°28'0.34"N	99°15'3.65"O	compra, cartón, archivo, PET, papel, periódico
San Luis Tlailco	1	19°27'41.85"N	99°14'17.97"O	Compra fierro, aluminio.
	2	19°27'44.22" N	99°14'17.40"O	Compra aparatos electrónicos, baterías, fierro, bronce, aluminio

Zona	Centros de Acopio RV			
	Punto	Coordenadas		Descripción de Actividades
	3	19°27'7.73"N	99°14'36.32"O	Compra PET, cartón, periódico, película, aluminio
	4	19°26'33.32"N	99°16'22.40"O	Compra PET, aluminio, archivo, periódico.
	5	19°26'15.97"N	99°15'47.70"O	compra cartón, PET, aluminio, película
	6	19°27'44.36"N	99°14'28.11"O	compra cartón, PET, fierro, bronce, latón
	7	19°27'39.42"N	99°14'30.38"O	compra plástico duro
	8	19°27'38.05"N	99°14'31.86"O	Compra fierro, plástico, plástico duro, película, aluminio, bronce, latón, cartón, periódico, archivo
	9	19°27'26.33"N	99°14'31.67"O	Compra fierro, plástico, plástico duro, película, aluminio, bronce, latón, cartón, periódico, archivo
10 de Abril	1	19°29'14.68"N	99°13'4.77"O	compra PET, plástico, cartón, aluminio, archivo, película