



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN**

**Análisis del aprovechamiento de los  
residuos sólidos para la generación de  
energía en Naucalpan, Estado de  
México.**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**LICENCIADA EN CIENCIAS POLÍTICAS Y  
ADMINISTRACIÓN PÚBLICA**

**P R E S E N T A**

**PIZA MENDEZ JESSICA INGRID**

**DIRECTOR(A) DE TESIS**

**MTRA. OLIVERA FUJIWARA  
TAHALIA ELENA**



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# INDICE

|   |     |
|---|-----|
| Glosario de abreviaturas.....   | 3   |
| Introducción.....   | 5   |
| Capítulo 1 Residuos sólidos .....   | 10  |
| 1.1 Concepto de residuos sólidos .....  | 11  |
| 1.2 Clasificación de los residuos sólidos. ....                                       | 13  |
| 1.3 Manejo de los residuos sólidos urbanos .....                                      | 15  |
| 1.4 Rellenos sanitarios.....  | 24  |
| 1.5 Papel del ayuntamiento en el manejo de residuos.....                              | 31  |
| CAPÍTULO 2 .....  | 39  |
| Antecedentes de la gestión integral de los residuos sólidos.....                      | 39  |
| 2.1 Historia de los residuos sólidos .....  | 40  |
| 2.2 Evolución del manejo integral de los residuos sólidos urbanos en México.....      | 41  |
| 2.3 Diagnóstico de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en 2020.....   | 47  |
| 2.4. Plan de Desarrollo Nacional, estatal y municipal.....                            | 57  |
| Capítulo 3 .....  | 62  |
| Residuos sólidos Urbanos: los retos de la administración pública.....                 | 62  |
| 3.1 Residuos sólidos un desafío para el municipio de Naucalpan, Estado de México....  | 63  |
| 3.2 Estimación de biogás en Naucalpan, Estado de México.....                          | 72  |
| 3.3 Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos: una visión energética.....       | 78  |
| 3.4 Barreras en la transformación de basura a energía en Naucalpan, Estado de México. | 98  |
| Conclusiones.....   | 103 |
| Anexo 1 .....   | 108 |
| Fuentes de consulta.....  | 110 |

## Glosario de abreviaturas.

| Abreviatura     | Significado  |
|-----------------|--|
| CCISSA          | Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.        |
| CDMX            | Ciudad de México.  |
| CFE             | Comisión Federal de Electricidad.  |
| CNGMD           | Censo Poblacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México. |
| CH <sub>4</sub> | Metano.  |
| COD             | Carbón orgánico degradable.  |
| CODF            | Fracción de COD no asimilada   |
| DA              | Digestor Anaerobio   |
| DBGIR           | Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos                                      |
| EDOMEX          | Estado de México   |
| F               | Fracción por volumen de metano en el vertedero   |
| FCM             | Factor de corrección de metano   |
| GG              | Gigagramos   |
| IPCC            | Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático                                   |
| INECC           | Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático  |
| INE             | Instituto Nacional de Ecología   |
| LAERFTE         | Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y Financiamiento de la Transición Energética  |
| LO              | Potencial de Metano  |
| LGPGIR          | Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos                                |
| MJ              | Mega Joules  |
| NOX             | óxidos de nitrógeno  |
| OMS             | Organización Mundial de la Salud   |
| OX              | Factor de oxigenación  |
| PDM             | Plan de Desarrollo Municipal   |

|          |   |
|----------|---|
| PPGIR    | Programa para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos    |
| R        | Metano recuperado, tiene un valor de 0                            |
| RSU      | Residuos sólidos urbanos  |
| RSM      | Residuos Sólidos Municipales                                      |
| RSUT     | Cantidad total de residuos sólidos urbanos generados              |
| RSUF     | Fracción de residuos sólidos urbanos eliminados en los vertederos |
| SCR NOX  | Proceso para disminuir los óxidos de nitrógeno                    |
| SCR      | Método de conversión de óxidos de nitrógeno                       |
| SEMARNAT | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales                 |
| SMA      | Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente                        |
| SEDESOL  | Secretaría de Desarrollo Social                                   |
| SEMARNAP | Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca          |

## Introducción

Los residuos sólidos siempre han formado parte del ser humano antes no se podían considerar un problema grave porque se degradaban en su entorno, sin embargo, esta situación fue evolucionando debido a que los medios de producción han cambiado. En la actualidad el sobreconsumo ha generado grandes cantidades de desechos en todo el mundo, por ello es un tema que debe tener prioridad, de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2017) *“en México se generan a diario 102,895.00 toneladas de residuos, de los cuales se recolectan 83.93% y se disponen en sitios de disposición final el 78.54%, reciclando únicamente el 9.63% de los residuos generados”* (párrafo 1).

Como lo muestran estas cifras solo una parte de los residuos se dispone de manera correcta los demás terminan en tiraderos a cielo abierto, barrancas y ríos, lo que permite observar que no hay un control de los residuos tanto a nivel federal, estatal y municipal, esto puede ser por muchos motivos uno de ellos es que se carece de presupuesto y herramientas, la falta de capacitación de los recolectores de desechos, finalmente no hay un lugar adecuado de almacenamiento porque los residuos aumentan todos los días.

Aunado a lo anterior, otro de las razones por las que no se lleva una buena gestión de los residuos sólidos urbanos es por la poca información que se tiene alrededor de ellos, en el diagnóstico del INEGI del 2020 que se utilizó para la investigación que hablar sobre los residuos sólidos se puso confirmar que gran parte de los datos que brindan son estimaciones, debido a que la información la obtenían de manera verbal por parte de los servidores públicos de los municipios, indican que los ayuntamientos no cuentan con bitácoras del manejo de los desechos; tuve la oportunidad de hablar con los servidores públicos de Naucalpan porque realice mi servicio social en el área de Servicios Públicos y actualmente laboro ahí, gracias eso pude tener mayores datos de la gestión del relleno sanitario, sin embargo, durante la investigación se me indicó que este tema es delicado y que se debía tener cuidado porque en algunos casos ni al propio ayuntamiento le quieren brindar información.

Por otro lado, los residuos se dividen en urbanos y de manejo especial, esta investigación analiza los residuos sólidos urbanos que se generan en casa habitación y que competen a la administración pública del municipio de Naucalpan, en este aspecto el Plan de Desarrollo

Municipal indica que *“el promedio de generación de residuos sólidos por habitante para 2010 fue de 0.99 kg/hab/día. Esto equivaldría a una generación total en el municipio de 825 ton/día”* (2019, p.270).

Debemos hacer notar que el manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos presenta un reto para la administración pública, ya que se debe considerar desde la generación, almacenamiento, recolección, traslado y disposición. Aunque la generación sólo le compete al ciudadano, pero el ayuntamiento debe brindar las herramientas necesarias para concientizar a la sociedad para que tenga un consumo y almacenamiento responsable que se realice de manera correcta, el siguiente paso ya le compete al municipio que es la recolección, traslado y disposición final.

Cabe añadir que la recolección en Naucalpan de Juárez tiene una eficacia del 98% conforme a lo establecido en el Plan de Desarrollo Municipal del 2019, además se tienen cuadrillas para que la recolección sea más eficiente. La idea central respecto a la disposición final de los desechos es generar acciones que puedan contribuir a mejorar el medio ambiente porque no se tiene un control, en algunas ocasiones se tira la basura en cerros o baldíos, estos son conocidos como tiraderos a cielo abierto, y los sitios controlados son los rellenos sanitarios.

Incluso, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2013), indica que se disponen el 68% de los residuos en rellenos sanitarios, el 10% en rellenos de tierra controlados y el 22% en sitios no controlados, en las zonas metropolitanas el 80% de los residuos terminan en lugares controlados mientras que el 20% no está controlado.

Aunado a lo anterior, hay que señalar que en los tres ámbitos de gobierno se desaprovecha el biogás, el cual se produce a partir de la basura, este contiene metano y dióxido de carbono. Otro punto es la cuestión de la energía, al respecto, el Plan de Desarrollo Municipal (PDM) recalca que:

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) abastece al 99% de la población, en 2017 el número de usuarios era de 280, 245 con un consumo de 1´ 028. 864. 841 Mega watt/ hora y con un importe de \$2, 084, 151.20, considerando que la población para el 2015 era de 844,219 personas (2019, p.258).

Vale la pena mencionar que para la creación del Plan de Desarrollo Municipal de 2019 a 2021 se consideró el censo más cercano, en este caso fue el del 2015 estos datos fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, además se debe señalar que este es uno de los aspectos que más afecta al ambiente debido a las emisiones generadas por el uso de combustibles fósiles. (2019, p.258)

Tener en cuenta el aspecto de la electricidad y su consumo, sirve para validar si con la implementación de energías limpias por medio de los residuos, es posible abastecer a las comunidades, considerando que para el 2019 no se abastecía al 100% de la población y este es un servicio público indispensable.

A partir de este contexto surge la pregunta eje de la investigación, es decir ¿de qué manera puede haber un mejor aprovechamiento de los vertederos de basura?

Asimismo, se estableció como objetivo principal analizar el aprovechamiento que se le puede brindar a los residuos sólidos urbanos, ya que su gestión está a cargo del municipio, ellos son los que deben brindar el servicio de recolección, transporte y disposición final; el aprovechamiento que se busca es una recuperación energética a través del gas que emana de los residuos, para utilizarlo como autoabastecimiento y poder utilizarlo para el alumbrado público o en el palacio municipal, permitirá disminuir la contaminación al suelo y aire para que los ciudadanos tengan una mejor calidad de vida.

Es importante señalar que el aprovechamiento de los residuos sólidos a nivel municipal representa un gran cambio y avance aunque su estudio tiene términos poco conocidos para el área de las ciencias sociales, es un tema que repercute a los servidores públicos y a toda la comunidad, en primera instancia porque es un servicio público que por ley se debe brindar y una de las etapas que genera más dificultades es la disposición final, debido a que no todas las municipalidades cuentan con espacios ni medidas adecuadas para depositar los residuos.

Incluso, representa un gasto porque si no tiene un vertedero de basura se tienen que transportar al municipio más cercano que sí lo tenga, aunque se utiliza mucha gasolina para el transporte, lamentablemente no se cuentan con los recursos necesarios para realizar esta actividad todos los días.

Asimismo, la mayoría de los municipios están comprometidos con los Objetivos de la Agenda 2030 y uno de los puntos importantes es mejorar la calidad del aire. Actualmente los residuos sólidos urbanos son los que más generan emisiones de metano, al controlar las emisiones de metano y dióxido de carbono, se cumple con el Objetivo 13 de acción por el clima y el 7 de energía asequible y no contaminante porque disminuye los gases de efecto invernadero; la mejor forma de aprovechar este gas que se llama biogás es por medio de su poder calórico, porque se puede convertir en electricidad y se puede utilizar para beneficio del ayuntamiento, esto disminuirá los gastos de los servicios públicos y se mejorará la calidad del aire para los ciudadanos, si no se llega a utilizar para autoabastecimiento se puede vender a privados y obtener mayores ingresos.

Cabe recalcar que los residuos no cesan porque existe un sistema de consumo constante y esto provoca que se deseche lo que ya no sirve o ya cumplió su función, a nivel municipal se pueden crear campañas de reciclaje, además, se deben contar con programas de prevención y datos concretos de la forma en la que se gestionan los residuos para que se pueda cumplir con el Objetivo 12 de producción y consumo responsable de la Agenda 2030.

En lo que concierne a Naucalpan se realiza una recolección efectiva y regular, esto conforme a lo establecido en su Plan de Desarrollo del 2019 su primordial problema se encuentra en la disposición final, a causa de las irregularidades que posee el ayuntamiento deposita sus residuos en un relleno sanitario que se abrió en 1976 y fue clausurado en 2006 un año después fue concesionado, no obstante, a pesar de la clausura se siguen depositando los residuos, lo más grave es que no se tiene información del manejo del relleno sanitario, ya que no hay bitácoras o un plan de manejo, aunque actualmente se tiene un proyecto para aprovechar la fracción orgánica, pero se encuentra en pausa por el cambio de la administración.

Ahora bien, la hipótesis de esta investigación es que el manejo adecuado de los residuos sólidos permite aprovechar los vertederos de basura para la generación de energía.

A fin de comprobar el supuesto anterior se emplea una metodología mixta, en la que converge el análisis cualitativo y cuantitativo, en el primero se llevará a cabo un análisis teórico y descriptivo del manejo de los residuos sólidos urbanos por parte del ayuntamiento, las etapas de la gestión integral de los residuos, así como la las diversas formas de aprovechamiento y

en el segundo se realizó una ecuación por defecto que brinda el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para obtener una estimación de biogás que se produce en el relleno sanitario con datos del 2018; esta fórmula y el estudio de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas al implementar proyectos para aprovechar los residuos sólidos urbanos a nivel municipal es la herramienta de investigación.

La presente tesis se compone de tres capítulos, el teórico descriptivo porque se detallan los conceptos para el manejo de los residuos sólidos urbanos como su definición, clasificación. Además, se analiza la importancia de los rellenos sanitarios, como se constituyen y el papel del ayuntamiento en el manejo de residuos sólidos urbanos, así como su marco regulatorio.

Por otra parte, en el segundo capítulo se detalla el contexto histórico de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en México y la condición actual de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos tanto a nivel nacional como municipal. Por último, el tercer capítulo examina el desafío que representan los residuos sólidos urbanos para Naucalpan, el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos con una visión energética, se describen los procesos de conversión, y las barreras en la transformación de basura a energía en el municipio.

## Capítulo 1 Residuos sólidos

Primeramente, es importante mencionar que los residuos sólidos forman parte de nuestra vida cotidiana, ya que se encuentran en cada uno de los productos que adquirimos o dicho de otra forma, todos los artículos que tenemos se pueden volver residuos sólidos cuando consideramos que ya no son útiles, en este aspecto se puede mencionar que el ciclo de lo que potencialmente podemos considerar como basura es el siguiente, inicia cuando compramos mercancías que pueden ser comestibles, de higiene personal o para entretenimiento, cuando se termina o ya no sirve, lo que se hace es depositarlos en una bolsa o bote para que posteriormente se los lleve el camión recolector o se pueden reciclar, al modificar la materia prima, o reutilizar, es decir, utilizarlo nuevamente.

Vale la pena mencionar que algunos ciudadanos no depositan sus desechos en los lugares establecidos, sino que los tiran en las calles, ríos, barrancas o en el peor de los casos los queman, esto afecta de manera grave al entorno, puesto que se genera contaminación del suelo, aire y agua, esto repercute en nuestras vidas, de diversas maneras, por ejemplo, se ha visto que hay más inundaciones porque las alcantarillas están atascadas por una acumulación de basura y esto evita que el agua de las lluvias termine en el drenaje, lo que termina afectando a cada ciudadano porque se dañan las viviendas. En cambio, si son almacenados en botes o bolsas, los camiones recolectores pueden transportarlos a los sitios de reciclaje o bien de disposición final los cuales pueden ser rellenos sanitarios o tiraderos a cielo abierto.

Cabe mencionar que los rellenos sanitarios se consideran sitios regulados para disponer de los residuos sólidos, ya que, estos tienen un control de los gases que emiten los desechos, así como de los líquidos que emanan de los mismos, mientras que en los tiraderos a cielo abierto no tienen regulado ninguno de estos aspectos, lo que conlleva a que se contribuya al calentamiento global, contaminación de ríos, mantos acuíferos, suelo, y en los peores casos explosiones, debido a que el gas que se produce en los vertederos de basura se constituye de metano, un gas de efecto invernadero que al contacto con el oxígeno produce reacciones violentas.

De modo que el objetivo de este capítulo es conocer qué son los residuos sólidos, sus características y clasificación, así como el manejo de los residuos sólidos urbanos, en este

aspecto se explicarán cada una de las etapas, se hará énfasis en los sitios de disposición final como los rellenos sanitarios, por último, se analizará el papel del municipio en la gestión integral de residuos sólidos urbanos y su relevancia con los Objetivos del Desarrollo Sostenible, de manera particular se examinará el municipio de Naucalpan.

## 1.1 Concepto de residuos sólidos

Para empezar, es necesario mencionar que los especialistas del Centro de Estudios de Administración Municipal (s.f.) indican que *“los residuos sólidos son el resultado de las actividades que ha desarrollado la humanidad desde sus primeras manifestaciones en la sociedad”* (pág. 3), aunado a lo anterior se sabe que con el paso del tiempo esta ha ido aumentando porque las personas cada día consumen más artículos, de ahí que México sea uno de los países que más generan residuos, de acuerdo, a la revista Forbes en 2020 se generaban 1.16 kilogramos al día por habitante, a comparación de Chile y Argentina que producían entre 1.14 y 1.15 kilogramos.

Asimismo, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en el artículo 5, fracción XXIX los define como:

Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o que requiere sujetarse a tratamiento o disposición final (2003, pág. 6).

También, se puede decir que es la parte que sobra de algún producto y debemos desechar. Estos se componen de distintos materiales entre los que se encuentran el papel, vidrio, comida, madera, por nombrar algunos y se pueden reciclar, es aquí cuando se comienza a hablar de la primera forma de aprovechamiento de los residuos, es decir, el reciclaje.

Antes de mencionar los beneficios que nos puede traer un buen manejo de residuos sólidos, se va a abarcar el primer tema que es la generación de residuos en el ámbito municipal, la cual se define como la *“acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo”* (Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, 2003, p.

4), y los que realizan estas acciones son los generadores, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos los clasifica en tres tipos:

1. Pequeño Generador: *“es la persona física o moral que genere una cantidad igual o mayor a cuatrocientos kilogramos y menor de diez toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida”* (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2003, pág. 5)
2. Gran generador: *“persona física o moral que genere una cantidad igual o superior a 10 toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida”* (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2003, pág. 4)
3. Micro generador: *“establecimiento industrial, comercial o servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos kilogramos de residuos peligrosos al año o su equivalente en otra unidad de medida”* (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2003, pág. 5).

Es decir, que dependiendo de los desechos que la persona física o moral produzca a diario se van a clasificar en pequeño, grande o micro generador de residuos. Debemos hacer notar que los desechos de los municipios se denominan Residuos Sólidos Urbanos (RSU) porque se generan en casa habitación y en vías públicas, de acuerdo con los especialistas del Centro de Estudios de Administración pública (s.f.) algunos aspectos que influyen en la generación son:

1. *“El nivel de vida de la población”* porque las personas con mayores recursos consumen más, por ende, crean más residuos sólidos.
2. *“La forma de vida”*, hace referencia a las costumbres que tiene la población, por ejemplo, la religión, ya que, en ciertas fechas realizan fiestas para conmemorar a los santos de las iglesias, por tanto, se producen más residuos.
3. *“La estación del año”*, en este caso porque en otoño los árboles tiran más hojas y las calles necesitan estar barridas constantemente para no acumular residuos.
4. *“El número de población”*, esto quiere decir que si hay más habitantes en la localidad se van a producir más desechos, a comparación de un municipio pequeño.

En resumen los aspectos que influyen en la generación de residuos son variables porque hay factores externos que intervienen en la cotidianidad de la sociedad, sin embargo, son cuestiones que se deben considerar en la planeación del manejo de residuos sólidos urbanos,

es por ello que se debe realizar un análisis de los tipos de residuos que se generan en las localidades, ya que los residuos se clasifican dependiendo de su origen, por consiguiente el segundo tema a tratar es la clasificación de los residuos sólidos.

## 1.2 Clasificación de los residuos sólidos.

Una vez que se ha revisado el concepto de residuos, es necesario diferenciar entre los tipos existentes, en la literatura se encuentran diversas clasificaciones como residuos sólidos de manejo especial, peligrosos o urbanos por nombrar algunos.

En primer lugar, *“los residuos se pueden clasificar de acuerdo con su fuente de origen en: domiciliarios, comerciales, de vías públicas, institucionales, de mercados, hospitalarios e industriales”* (Centro de Estudios de Administración Municipal, s.f, pág. 13).

Además, estos pueden ser de manejo especial, incompatibles, peligrosos y urbanos, de acuerdo con lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos los primeros no reúnen las características para ser considerados peligrosos, los segundos son los que reaccionan de manera violenta al entrar en contacto con otros materiales, los terceros tienen características corrosivas y por último los urbanos que son los de casa habitación. (2003, pág. 6). En la Tabla 1 se muestran diferentes tipos de residuos.

**Tabla 1**

*Clasificación de los residuos.*

| Tipo de residuos | Fuente de origen                | Ejemplos   | Residuos peligrosos | Tipo de manejo |
|------------------|---------------------------------|--|---------------------|----------------|
| Domiciliarios    | Casa-habitación                 | Sobras de comida, productos de consumo y sus envases | No                  | Normal         |
| Comerciales      | Comercios y en establecimientos | Sobras de comida y residuos sanitarios               | No                  | Normal         |

|                 |  |   |    |          |
|-----------------|--|---|----|----------|
| Vías públicas   | Calles, avenidas y lugares públicos                | Hojas, tierra, comida y desechos de productos de consumo                          | No | Normal   |
| Institucionales | Organismos públicos y privados                     | Papel, desechos de papelería y residuos de comida                                 | No | Normal   |
| Mercados        | Mercados   | Sobras de comida y residuos sanitarios  | No | Normal   |
| Hospital        | Áreas de hospitales: comedor, farmacia y quirófano | Vendas, gasas, bolsas de sangre y de orina  | Si | Especial |
| Industriales    | Empresas   | Disolventes, pinturas, plásticos contaminados y envases de sustancias peligrosas. | Si | Especial |

Fuente: Elaboración propia con información del Centro Estudios de Administración Municipal, s.f.

Como puede observarse en la tabla anterior existen distintos tipos residuos que se pueden encontrar, en ella se explica su fuente de origen y algunos ejemplos, además se muestra si el tipo de desechos que producen son peligrosos y si requieren de un manejo especial, cabe mencionar que por su grado de peligrosidad los residuos se dividen en tres categorías: peligrosos, potencialmente peligrosos e incompatibles, en la Tabla 2 se pueden observar sus características.

**Tabla 2**

*Tipos de residuos peligrosos.*

| Residuos peligrosos   | Residuos potencialmente peligrosos  | Residuos incompatibles  |
|---|---|---|
| Desde que se generan representan daños al medio ambiente.<br><br>Ejemplos: pinturas, solventes, insecticidas entre otros. | Pueden dañar al medio ambiente<br><br>Ejemplos: medicamentos, tintes y fertilizantes. | Al no ser compatibles con otros materiales producen reacciones graves como incendios<br><br>Ejemplo: compuestos polimerizables y peróxidos. |

Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Estudios de Administración

Así como se representa en la tabla, los residuos por sus componentes ya sean físicos, químicos o biológicos pueden dañar el medio que los rodea, o propiciar reacciones violentas que pueden desencadenar explosiones, de modo que, requieren ser recolectados y dispuestos de forma especial, se debe capacitar al personal tanto de las entidades para que los almacenen de manera adecuada y al personal que lo recolecta para que no haya un mal manejo que pueda afectar a las comunidades aledañas.

### **1.3 Manejo de los residuos sólidos urbanos**

Ahora que ya se sabe cómo se clasifican los residuos y la manera en la que se generan, se expondrá el manejo de los residuos sólidos por medio de la gestión integral, para ello los municipios o entidades federativas deben crear un plan de manejo es decir, *“un instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de los residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de*

*eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social”* (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2003, pág. 5).

Así pues, lo que la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos entiende por valorización el *“principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos”* (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2003, pág. 7), es decir, que se busca sacar el aprovechamiento de los desechos, al transformarlo con el proceso de reciclaje u obtener energía por medio de ellos.

Además, para tener un plan de manejo se debe realizar un diagnóstico y tener objetivos establecidos, saber a dónde se quiere llegar, qué es lo que tiene el municipio o entidad federativa es importante para entender cómo se debe actuar, los municipios son los encargados de la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos, ya que es uno de los servicios que debe brindar, de acuerdo a lo establecido en el artículo 115, fracción III de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. A continuación, en la Ilustración 1 se describen las siguientes etapas del manejo de residuos sólidos. :

### Ilustración 1

*Manejo de los residuos sólidos urbanos.*



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Estudios de Administración Pública, s.f.

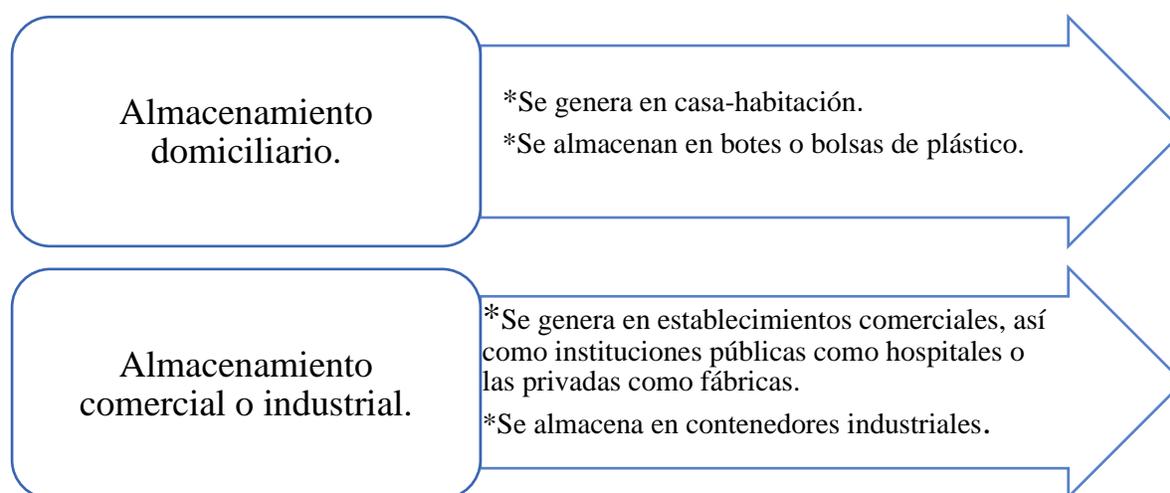
Es decir, el barrido *“consiste en las acciones que realiza el área o empresa responsable de la presentación de los servicios públicos para mantener limpios y en condiciones estéticas los centros de población asentados en el territorio municipal”*. (Centro de Estudios de Administración Municipal, s.f, pág. 21)

Además, se debe considerar la zona, el estado en el que se encuentra la vía pública, y al igual que la generación se deben contemplar la época del año y las festividades para tener controlado este aspecto y no dejar que las calles estén en malas condiciones, gracias a que propicia una mala calidad de vida de la población, por ello se debe establecer un horario y frecuencia por parte del municipio, se debe coordinar un itinerario porque habrá momentos en los que haya más personas en el lugar donde se realizará esta acción, y eso provocará que no se lleve a cabo, por ello se debe escoger un horario donde no haya tráfico vehicular como peatonal, con el fin de que el barrido sea eficaz.

En segundo lugar, se encuentra el almacén, esta etapa es importante debido a que corresponde a la ciudadanía, y este proceso comienza cuando el ser humano termina de utilizar un producto, posteriormente lo que hace es ponerlo en un contenedor, mejor conocido como bote de basura, después cuando este se llena, los residuos que estaban en dicho envase los vacían en otro recipiente más grande para que posteriormente se los lleven los recolectores de basura, de acuerdo al Centro de Estudios de Administración pública (s.f.) como se muestra en la Ilustración 2 existen dos tipos de almacenamiento.

## Ilustración 2

*Tipos de almacenamiento.*



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Estudios de Administración Pública, s.f.

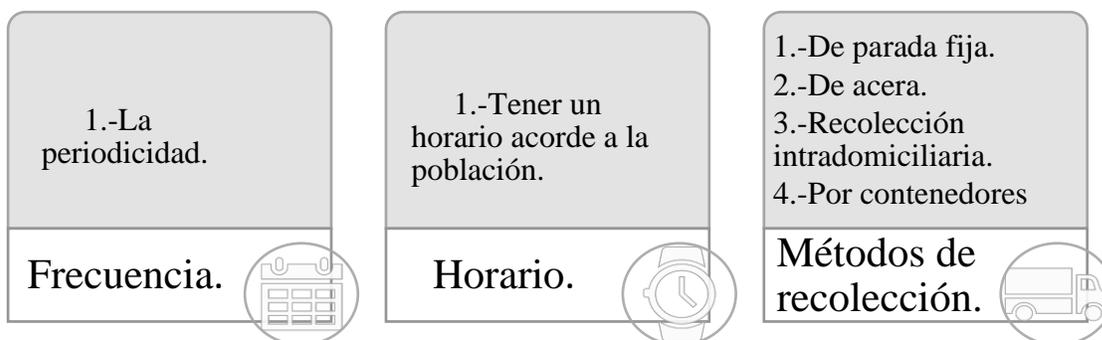
Visto que los residuos pueden ser peligrosos o de fácil recolección, se debe considerar el almacenamiento, está claro que en los lugares en los que no representa ningún daño al medio ambiente como lo son los de casa-habitación, se pueden colocar los residuos en botes o bolsas de plástico, sin embargo, se deben considerar las ventajas y desventajas que presentan, en este aspecto se menciona por parte del Centro de Estudios de Administración pública (s.f.) que con los botes de basura se pierde tiempo al momento de la recolección porque se tiene que regresar a su dueño, en comparación con las bolsas que es más fácil, pero estas presentan mayores afectaciones al ambiente porque no son reutilizables y tardan en degradarse, además de ser un gasto adicional, por ello, se puede inferir que es más recomendable emplear un bote de basura puesto que se puede reutilizar.

Algo parecido ocurre con los contenedores industriales con estos se debe tener más cuidado porque se desechan grandes cantidades de residuos, por lo que si no tiene un buen almacenador podrían provocar plagas, lo que trae consigo enfermedades, aunque algunos de estos botes no tienen tapas entonces se sigue corriendo el riesgo de que se originen malos olores, ratas e insectos. Inclusive se debe contar con un camión recolector especial para alzarlos, considerando que son muy pesados y se tendría que hacer un gasto adicional por parte del municipio para poder recolectar de manera eficaz, en este aspecto las instituciones privadas o públicas que generen residuos peligrosos sean o no de manejo especial podrán contratar a un tercero para que se lleven sus residuos, el municipio lo que puede hacer es otorgarle facilidades para que puedan realizar esta acción.

En tercer lugar, está la recolección, como se ha mencionado anteriormente el tener un buen recipiente para almacenar los desechos es primordial, le ayuda al personal que recolecta a hacer mejor su trabajo y en algunos casos hace que sea más rápido para poder atender la demanda, cabe añadir que *“la recolección y el transporte son funciones propias de la administración municipal o de la empresa responsable del servicio”* (Centro de Estudios de Administración, s.f., pág. 27). En la ilustración 3 se pueden observar los elementos necesarios para realizarla.

### Ilustración 3

*Elementos de la recolección.*



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Estudios de Administración Pública, s.f.

En la ilustración se pueden percibir los elementos que se encuentran presentes en la recolección, es decir, en la frecuencia la periodicidad puede ser diariamente o alternada, esto depende del establecimiento porque en el caso de los centros comerciales o mercados, se requiere diario porque es más probable que se generen puntos de plagas por los alimentos perecederos, esto conlleva a que se tenga un horario en el que se pueda atender a la comunidad, evitar las horas pico que puede retrasar este proceso, por lo que es recomendable que sea en las mañanas o en las noches.

Asimismo, el Centro de Estudios de Administración Pública (s.f.) explica que existen cuatro métodos de recolección:

1. Parada fija que consiste en tener un lugar establecido, por ejemplo, una esquina en la que la población sepa que va a estar el camión para que lleven a este sitio su bote de basura.
2. De acera, en este caso el camión va en medio de la calle y va recolectando los residuos sólidos en ambos lados de la calle, y es uno de los más comunes en el Estado de México.

3. Intradomiciliaria este método es más complejo porque se requiere de mucha responsabilidad, debido a que el personal del camión recolector ingresa al domicilio del ciudadano y saca los residuos sólidos que tengan almacenados.
4. Contenedores que aplica para establecimientos públicos o privados como los mercados o centros comerciales, en este aspecto la basura de los diversos establecimientos se almacena en un contenedor grande para que posteriormente acuda un camión especial para recolectarla, es importante mencionar que esto genera un gasto adicional porque se requiere de maquinaria que no tiene el ayuntamiento.

Hay que señalar que la etapa de la recolección y el transporte son dos acciones que están muy relacionadas, visto que una vez recolectados los residuos se deben trasladar para su disposición o reciclaje, se pueden transportar de dos formas: directa o por transferencias, en la primera los desechos son enviados directamente a los sitios de disposición final, en la segunda las instalaciones de transferencia son las intermediarias y sirven para que no se pierda el tiempo en trasladar los residuos sólidos urbanos cuando los sitios de disposición final están muy lejos del lugar en el que se recolecta y se encargan de comprimir los desechos para llevarlos a los vertederos de basura. (Centro de Estudios de Administración Municipal, s.f, pág. 32).

Debemos hacer notar que la distancia es un factor importante, porque se espera que los camiones puedan continuar con sus actividades y no se pierda el tiempo depositando los residuos, por ello, se recomienda que el trayecto esté dentro de los 15 kilómetros como máximo y en los casos donde se rebasa, instalar estaciones de transferencia que son puntos medios para los camiones porque van a llegar a estos sitios a descargar los residuos, pero estos no se quedan ahí el encargado del lugar va a contratar góndolas o camiones de volteo que son más grandes para cargar y transportar a los rellenos sanitarios que estén afuera del municipio, pero este tipo de instalaciones son altamente costosas y se debe sumar la renta de vehículos para traslado y carga de residuos sólidos.

Ahora bien, la cuarta etapa del manejo de residuos consiste en la disposición final, en este caso los municipios pueden descargar los residuos sólidos en rellenos sanitario o llevarlos a otros sitios fuera del municipio, actualmente los rellenos sanitarios han sido más utilizados por su bajo costo, los cuales se definen como “obra diseñada para recibir residuos sólidos

*municipales en un área lo más pequeña posible, que cuenta con sistemas de capacitación de gas y lixiviados<sup>1</sup>, con el objetivo de limitar los impactos negativos al medio ambiente”* (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 16)

Incluso se debe contar con un equipo especializado para que se cumpla el objetivo de contribuir al medio ambiente, ya que, si no se tiene un relleno sanitario con todas las medidas impuestas por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos naturales (SEMARNAT) en la norma NOM-083-SEMARNAT-2003 que brinda las especificaciones para la apertura, diseño y hasta clausura de los mismos, se contribuye al calentamiento global por las emisiones de gases de efecto invernadero, que en el caso de los vertederos de basura es del 50% metano (CH<sub>4</sub>) y 50% dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), así como la fauna nociva y problemas de salud para la población.

A continuación, se mencionan algunas de las especificaciones de la norma NOM-083-SEMARNAT-2003: *“Los sitios de disposición final se categorizan de acuerdo con la cantidad de toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresan por día, como se establece en la tabla”*. (México Patente n° NOM-083-SEMARNAT-2003, 2004)

**Tabla 3**

*Categorías de los sitios de disposición final*

| <b>TIPO</b> | <b>TONELAJE RECIBIDO TON/DIA</b> |
|-------------|----------------------------------|
| A           | Mayor a 100                      |
| B           | 50 hasta 100                     |
| C           | 10 y menor a 50                  |
| D           | Menor a 10                       |

Fuente: SEMARNAT. (2004, p. 1). México Patente n° NOM-083-SEMARNAT-2003

Puede decirse que el caso del municipio de Naucalpan, el cual es objeto de la investigación cuenta con un sitio de disposición de tipo A, ya que, en 2018, que es la última fecha de la que se tiene registro, se recibían 767.184839 toneladas.

---

<sup>1</sup> Es el líquido que se genera en los rellenos sanitarios por los fluidos que hay en el mismo.

Ahora bien, hay que destacar que en la selección del sitio la SEMARNAT brinda las siguientes restricciones:

1. Ubicar lejos de zonas protegidas, a menos que las hayan destinado para ello.
2. *“En localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m”*. (México Patente n° NOM-083-SEMARNAT-2003, 2004)
3. Evitar ubicarse en zonas cercanas a acuíferos, pantanos o lugares donde el suelo sea húmedo, así como en cavernas o lugares que presenten fallas geológicas.
4. Tener una distancia de 500 m de los ríos o caudales de agua.
5. Realizar estudios de suelo, de los mantos acuíferos, geológicos, así como estudios de generación y composición de residuos sólidos urbanos y estimar tanto el biogás y los lixiviados.

Puede decirse que estas acciones se deben llevar a cabo para que no se corra el riesgo de contaminación, hundimiento del suelo y cualquier desplazamiento de rocas, que pueda generar grandes afectaciones tanto al personal como la estructura, por consiguiente, una vez que se tienen los estudios y se confirma que todo se encuentra en buenas condiciones se deben respetar las limitaciones que brinda la SEMARNAT en las características operativas.

A continuación, se enlistarán de manera general las particularidades más importantes:

1. Impermeabilizar el relleno sanitario para evitar que los líquidos que se surgen contaminen los mantos acuíferos.
2. *“Se debe garantizar la extracción, captación, conducción y control de biogás generado en el sitio de disposición final”*. (México Patente n° NOM-083-SEMARNAT-2003, 2004)
3. Captar los líquidos que se producen en el relleno, llamados lixiviados.
4. Tener un drenaje para los días de lluvia.
5. *“Deberá contar con un área de emergencia para la recepción de residuos sólidos urbanos y de manejo especial”* (México Patente n° NOM-083-SEMARNAT-2003, 2004)

6. Contar con un manual de operación que indique los métodos del tipo de residuos que recibe, así como un control del personal, reglamentos internos, programas de operación y seguridad.
7. Tener “*Un control de registro*” (México Patente n° NOM-083-SEMARNAT-2003, 2004) donde se registre la hora en la que ingresan los residuos sólidos, la generación de lixiviados y biogás, así como las actividades que realizó el personal.
8. Hacer un “*Monitoreo de biogás, lixiviado y acuíferos*” (México Patente n° NOM-083-SEMARNAT-2003, 2004), con la finalidad de tener un control de los impactos ambientales, así como para conocer sus propiedades y si hay algún cambio en los mismos.

También, hay que destacar que se debe tener un monitoreo constante para evitar que haya fugas de biogás que pueden provocar grandes explosiones, y de los lixiviados para que no contaminen el agua y suelo. Cabe añadir que un relleno sanitario para los municipios representa una gran ventaja porque ya no tienen que enviar sus residuos sólidos urbanos a otros municipios, ya que representa un gasto para las localidades. Además, se debe mencionar que en el ámbito local persisten los tiraderos de cielo abierto, son sitios inadecuados para disponer de los desechos, los podemos encontrar en barrancas, como consecuencia se contamina el suelo y aire.

Teniendo en cuenta estos puntos se deben erradicar los tiraderos a cielo abierto e implementar acciones amigables con el medio que nos rodea, para brindar una mejor calidad de vida a los ciudadanos, los sitios regulados son los rellenos sanitarios, su importancia a nivel municipal radica en que es una de las formas más baratas para disponer de los residuos sólidos, de modo que se abordará el tema de los rellenos sanitarios para averiguar la forma en la que funcionan y cómo pueden presentar una oportunidad para generar electricidad.

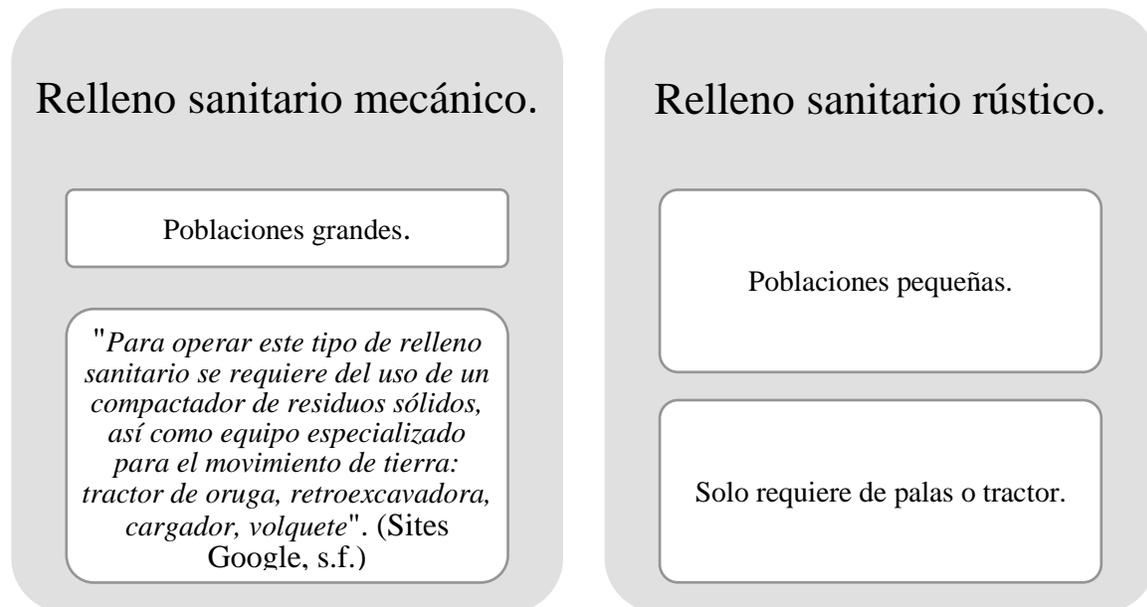
## 1.4 Rellenos sanitarios.

Ahora bien, en los rellenos sanitarios la acción que se realiza en términos generales es compactar los residuos sólidos urbanos, es decir, la basura es descargada por los camiones recolectores en estos sitios, comúnmente son fosas y su profundidad puede variar, aquí se depositan y cuando se ha terminado la jornada se recubre con tierra o algún material sintético, y al día siguiente se realiza la misma acción.

El proceso de descomposición que se produce en este tipo de depósitos es anaerobio, esto quiere decir, que se hace en ausencia de oxígeno, el gas que se produce en el relleno sanitario se denomina biogás y se puede definir como *“mezcla gaseosa resultado del proceso de descomposición anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos, constituida principalmente por metano y bióxido de carbono”*. (México Patente n° NOM-083-SEMARNAT-2003, 2004). Por otro lado, se debe señalar que existen dos tipos de rellenos sanitarios que se muestran en la ilustración 4.

### Ilustración 4

*Tipos de rellenos sanitarios.*



Fuente: Elaboración propia con información del Centro de Estudios de Administración Pública, s.f.

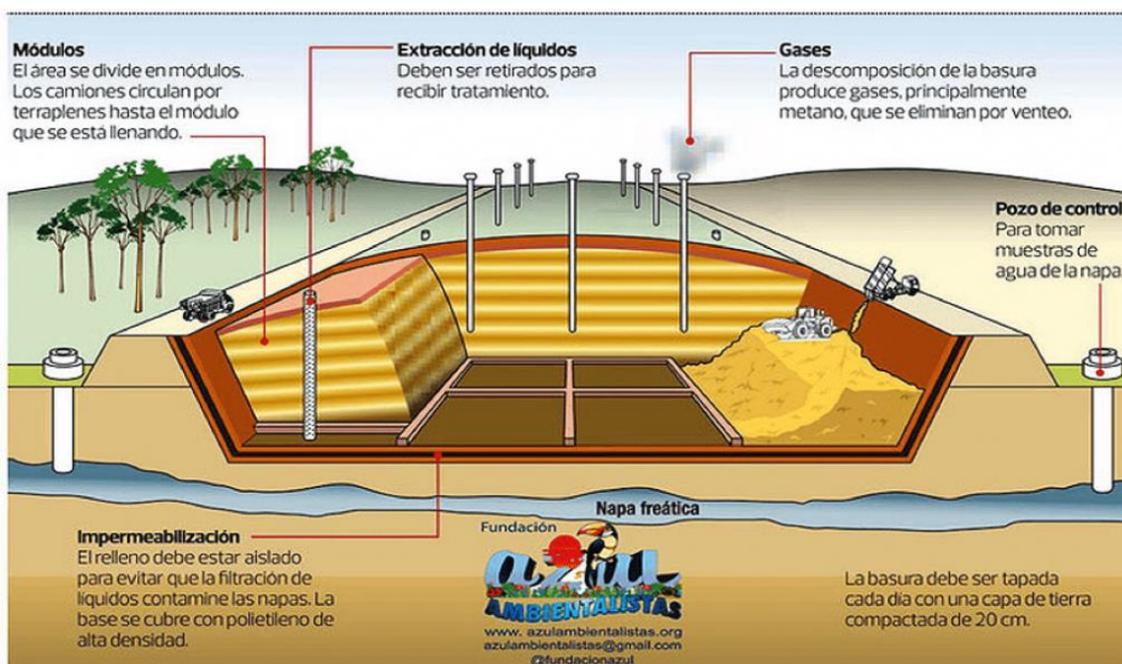
Es decir, que los rellenos sanitarios mecanizados son para municipios con poblaciones mayores, y que depositen más de 50 toneladas al día en los sitios de disposición, estos requieren de más instrumentación para compactar los residuos sólidos, mientras que los rústicos son para zonas con menor población, y que depositen aproximadamente menos de 40 toneladas al día, sólo requiere que acudan con palas o tractor para los residuos que estén dispersos.

Además, uno de los primeros aspectos que se deben considerar es el área y para ella la SEMARNAT da las especificaciones, como se ha mencionado antes, sin embargo, un punto a considerar es que debe estar alejado de las comunidades por posibles malos olores, así como de ríos y mantos acuíferos para evitar la posible contaminación del agua.

Inclusive, se debe considerar el biogás porque con este se puede generar energía y dependiendo de esto se va a diseñar, en la ilustración 5 se puede observar un diseño de un relleno sanitario mecanizado sin recuperación de energía.

## Ilustración 5

### *Relleno sanitario.*



Fuente: Imagen obtenida de Admin. (3 de diciembre de 2018). CIPA. Obtenido de CIPA: <http://www.grupocip.com.mx/rellenos-sanitarios/>

En esta imagen se puede ver que se va a comenzar a depositar los residuos sólidos de abajo hacia arriba, primero se impermeabiliza el lugar para evitar posibles filtraciones a mantos acuíferos, el área se va a dividir en áreas o celdas que pueden ser fosas o superficies planas, en donde se va depositar los residuos, se debe contar con tubos que se encuentren perforados en la zona para la captación de gas y líquidos, ya que ambos se pueden tratar, y se debe tener un monitoreo tanto de los gases como del agua, por tal razón, se muestra un pozo de control que es lugar donde se toman estas pruebas, cabe mencionar que la napa es el agua que podemos encontrar tanto en la superficie como de forma subterránea y esto con la finalidad de evitar contaminar agua, aire y suelo.

Algo similar ocurre con el relleno sanitario con recuperación de energía, cuyo proceso se mostrará posteriormente, primero se va a colocar la Tabla 4 con los conceptos necesarios para comprender la estructura de los rellenos sanitarios, esta se obtuvo de la Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas (2012):

#### **Tabla 4**

*Términos utilizados al hablar de rellenos sanitarios.*

| Conceptos       | Definición  |
|-----------------|---|
| Celda           | <i>“Pueden ser fosas, superficies planas o depresiones donde se colocan los residuos sólidos urbanos”</i> (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 17). |
| Celdas diarias  | Es la unidad de residuos sólidos urbanos que son depositados a diario, también se considera la tierra que se utiliza para taparlos.   |
| Cubierta diaria | Consiste en 15 cm a 30 cm de suelo nativo <sup>2</sup> o material alternativo como composta, arena de fundición <sup>3</sup> o arcilla, que es aplicada en los frentes de trabajo al final de cada      |

<sup>2</sup> Es la misma tierra en la que se encuentra el relleno sanitario.

<sup>3</sup> Es arena que fue utilizada en el proceso de fundición, este se lleva a cabo a altas temperaturas, es decir, se funden metales en la arena.

|                             |  |
|-----------------------------|--|
|                             | periodo de operación. (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 17)   |
| Banco o terraza             | Se usa para mantener estable el relleno, así como para implementar tuberías o canales para la filtración del agua.   |
| Geomembrana                 | <p>“<i>Lámina flexible impermeable de material sintético</i>” (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 17)</p> <p>En otras palabras, es lo que se utiliza para impermeabilizar el relleno, para que no se filtren los gases, así como los líquidos que se producen en el mismo, está hecho de PVC.</p> |
| Revestimiento de vertederos | <p>“<i>Son capas sucesivas de arcilla compactada</i>” (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 17)</p> <p>Tiene como finalidad acomodar el fondo y los lados del relleno.</p>  |
| Capa final de cubierta      | Cuando el relleno ha cumplido su vida útil <sup>4</sup> , se pone al final una cubierta de tierra o arcilla compactada.  |
| Lixiviado                   | “ <i>Líquido se forma en el fondo del relleno sanitario como resultado de la percolación<sup>5</sup> de la precipitación y escurrimientos no controlados</i> ” (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 17)  |
| Monitoreo ambiental         | Consiste en el análisis y control del agua, aire y gases que se producen en el relleno sanitario.  |

---

<sup>4</sup> El tiempo que será apto el relleno sanitario para disponer los residuos sólidos urbanos, esto depende del diseño de este.

<sup>5</sup> Filtración de líquidos por medio de los huecos que hay en el relleno.

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Cuidado post-clausura | Representa el mantenimiento que se le debe dar al relleno sanitarios, que es de 30 años.   |
| Remediación           | Son las acciones que se llevan a cabo para frenar las afectaciones que pueden haber en el medio ambiente y que no fueron contempladas.   |
| Clausura              | “Sellado del área de un sitio de disposición final después de la suspensión definitiva de la recepción de residuos sólidos urbanos”. (México Patente n° NOM-083-SEMARNAT-2003, 2004) |

Fuente: Elaboración propia basado en la tabla de la guía técnica, generación eléctrica mediante residuos sólidos urbanos de la Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Estos son algunos conceptos de los que se hará mención en el plano del relleno sanitario con recuperación de energía, en el siguiente esquema se mostrarán los elementos del relleno sanitario con recuperación de energía.

### Ilustración 6

*Diseño de relleno sanitario con recuperación de energía.*

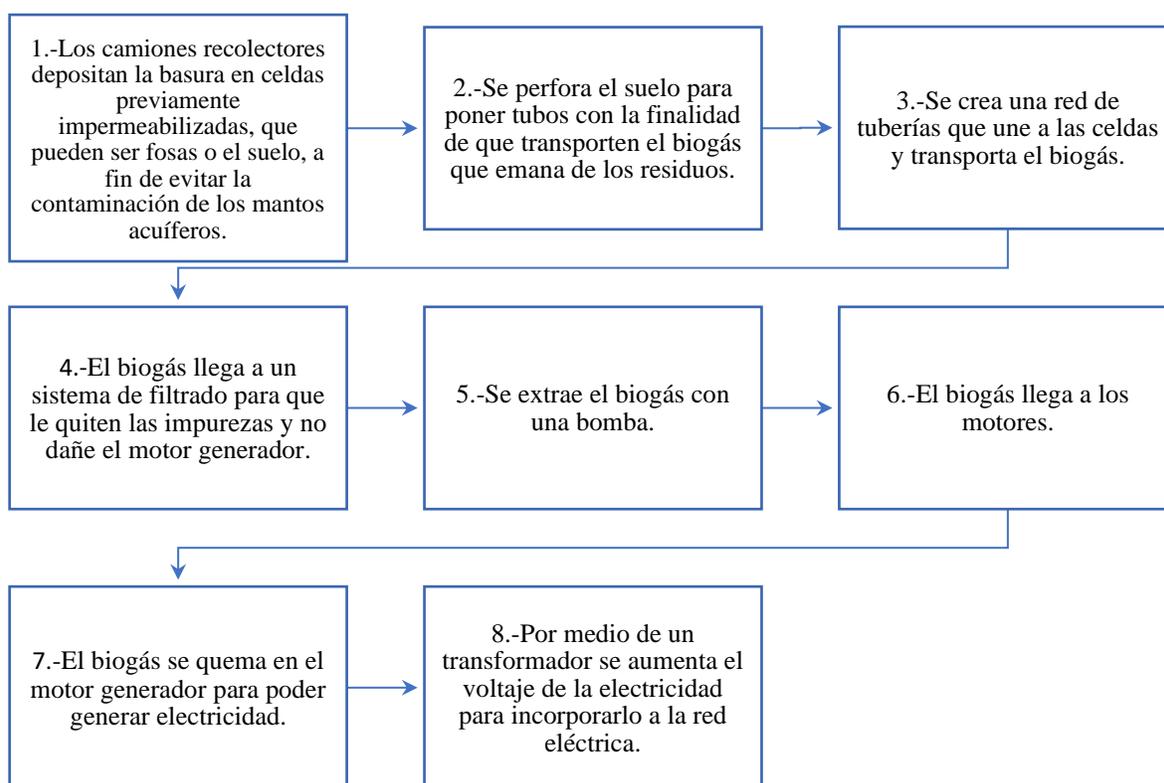


Fuente: Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2012, p. 18). *Guía técnica, generación eléctrica mediante residuos sólidos urbanos*. México: Comisión Federal de Electricidad.

Es importante señalar que este relleno sanitario tiene como finalidad la obtención de energía por medio del biogás, el tratamiento de lixiviados y además en caso de que haya alguna fuga se pueda manejar y no afecte el medio que los rodea, en el siguiente esquema se mostraron los pasos para poder lograr el primer objetivo que es la transformación del biogás.

## Ilustración 7

### *Transformación de biogás a electricidad.*

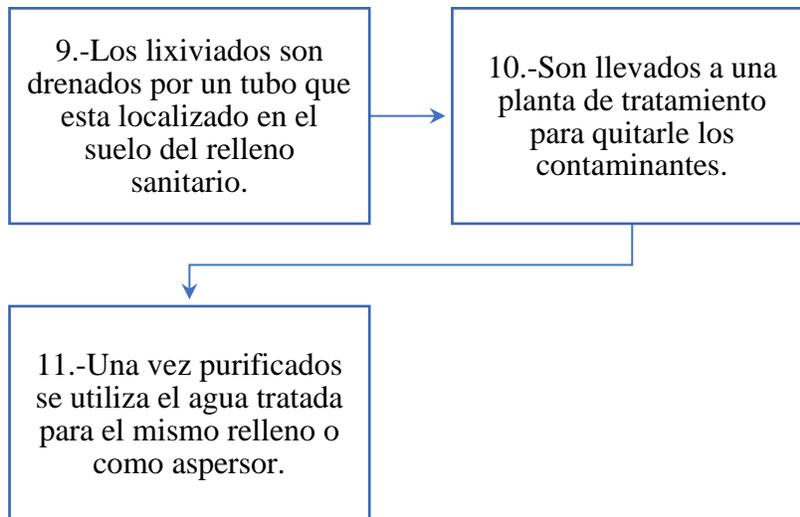


Fuente: Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2012, p. 18). Guía técnica, generación eléctrica mediante residuos sólidos urbanos. México: Comisión Federal de Electricidad.

Como se puede observar, estos ocho pasos indican el proceso que lleva a cabo el relleno sanitario en el caso del biogás para obtener su poder calórico, en segundo lugar, se observan las acciones que se llevan a cabo con los lixiviados que son los líquidos que emanan de los residuos:

## Ilustración 8

### *Manejo de lixiviados*

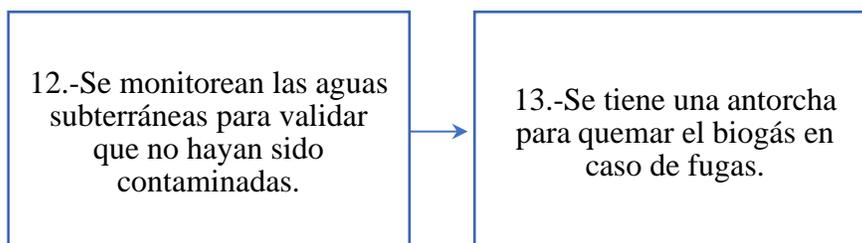


Fuente: Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2012, p. 18). Guía técnica, generación eléctrica mediante residuos sólidos urbanos. México: Comisión Federal de Electricidad.

Es decir, el líquido que se forma por la acumulación de basura es capturado por una tubería que se coloca en el fondo del relleno sanitario, después este pasa a ser tratado para que se le quiten todos los contaminantes y de esta forma puede ser utilizado, debemos hacer notar que el manejo de los lixiviados presenta una oportunidad para el municipio al reutilizarla para el mismo relleno sanitario o regar algún lugar de dominio público. Para finalizar se mostrarán las acciones que se pueden realizar en caso de que los lixiviados puedan filtrarse en el subsuelo o el biogás salga al aire.

## Ilustración 9

### *Manejo de Riesgo*



Fuente: Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2012, p. 18). Guía técnica, generación eléctrica mediante residuos sólidos urbanos. México: Comisión Federal de Electricidad.

Dicho de otra manera, el manejo de riesgo presenta una medida de prevención al tener controladas las aguas subterráneas, y en los casos más extremos el personal sabría cómo manejar una emergencia, debido a que existen diversos tipos de rellenos sanitarios el tomar las acciones adecuadas para captar bien los líquidos y gases que emanan de los residuos sólidos urbanos son indispensables para no afectar al medio ambiente o a la población.

Recapitulando, los residuos sólidos deben ser manejados por medio de una gestión integral, para ello se van a contar con distintas etapas como el barrido, almacenamiento, recolección, transporte y disposición final, cada una de estas etapas son indispensables para tener un buen manejo de los desechos que se generan a diario, y el ente que se va a encargar de llevar a cabo estas actividades es el municipio.

## **1.5 Papel del ayuntamiento en el manejo de residuos.**

En primer lugar, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 115, fracción III, menciona que uno de los servicios que debe otorgar el municipio es la limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos, de ahí que sea importante revisar el papel que los ayuntamientos tienen respecto a los residuos sólidos, de modo particular se revisará que papel tiene el municipio de Naucalpan de Juárez, con respecto a los residuos sólidos que se producen a diario en la localidad.

Para empezar, el Centro de Estudios de Administración Municipal (s.f.) menciona que el municipio puede establecer las siguientes líneas de acción:

1. Aprovechamiento.
2. Tratamiento.
3. Recursos naturales.
4. Población

Mejor dicho, se busca disminuir los impactos negativos que los residuos sólidos generan en el entorno, de ahí que se busque aprovecharlos por medio del reúso, reciclaje, composta, con rellenos sanitarios con recuperación de energía, o que los recursos naturales no se exploten, esto tiene como finalidad concientizar a la población para que consuman productos que sean necesarios o bien, se les dé un doble uso.

Ahora bien, los municipios pueden participar de forma directa o indirecta en el manejo de los residuos sólidos urbanos. Al participar de manera directa será el mismo municipio quien se encargue de brindar este servicio a través de un área especializada que atienda los servicios públicos y algunas de sus funciones son:

1. Planear las actividades en coordinación con las necesidades, los recursos disponibles y el tiempo.
2. Diseñar los procedimientos para la operación de cada una de las etapas que intervienen en la administración de los residuos.
3. Definir las funciones y responsabilidades del personal que labora durante las diversas fases del proceso.
4. Analizar los resultados obtenidos y proponer medidas para su mejoramiento (Centro de Estudios de Administración Municipal, s.f, pág. 18).

Con esto quiero decir que el área de servicios públicos debe planear, diseñar y delegar tareas con respecto a la limpieza de calles, recolección y transporte de residuos, así como su disposición final, para lograrlo se debe comenzar con el diagnóstico del municipio, para saber qué recursos tiene el ayuntamiento, lo cierto es que los recursos son limitados y las necesidades ilimitadas, por consiguiente, se debe priorizar y estar cerca de la población porque son los que nos dirán qué les hace falta, empero, se debe tener en claro que se deben atender problemáticas sociales, los residuos sólidos nos atañen a todos, tener un control y manejo eficiente brindará una mejor calidad de vida.

En cambio, la participación indirecta, de acuerdo con los especialistas del Centro de Estudios de la Administración Pública (s.f.) no se realiza por parte del municipio, sino que se cede a otras empresas para que actúen de manera independiente, y se tienen tres modalidades:

1. Paramunicipal
2. Intermunicipal
3. Por concesión.

Es decir, en el primer caso con las entidades paramunicipales, lo que hace el municipio es delegar las actividades de limpieza a entes privados, estos les brindan los recursos necesarios, mientras que el ayuntamiento vigila que se cumplan todas las actividades correspondientes,

en el segundo se lleva un convenio con el ayuntamiento y los privados para que puedan operar, en este aspecto se necesita la aprobación del Congreso del Estado y por último el de concesión, “*el ayuntamiento transfiere la responsabilidad a particulares*” (Centro de Estudios de Administración Municipal, s.f, pág. 19), para que puedan cumplir con las etapas del manejo de residuos sólidos, así como el inciso uno, el ayuntamiento valida su funcionamiento.

Vale la pena mencionar que estas empresas al igual que los municipios pueden aprovechar los residuos, reciclando el cartón, papel, vidrio, por mencionar algunos productos, vendiéndolos o utilizándolos para la industria, uno de los beneficios que menciona el Centro de Estudios de Administración Municipal (s.f.) es que a los pepenadores se les dota de prestaciones, como el de salud, ya que se cuentan con cooperativas.

Además, pueden cobrar por el servicio de limpia, con la finalidad que sean “*entidades autosuficientes económicamente*” (Centro de Estudios de Administración Municipal, s.f, pág. 20), lo que puede presentar un ingreso adicional para el municipio. En el caso de Naucalpan, la participación se lleva a cabo de manera directa, el reglamento de limpieza (1979) menciona que la Dirección de Servicios Públicos se encargará de mantener limpio el municipio. Hay que destacar que el reglamento de limpieza indica las obligaciones para los ciudadanos, privados, así como las funciones para el ayuntamiento, en el aspecto del barrido, almacenamiento y recolección de residuos.

Por consiguiente, se van a mencionar algunos aspectos más relevantes del reglamento de limpieza porque son importantes en las etapas del manejo adecuado de residuos sólidos, hay que señalar que este estatuto se divide por capítulos y tiene un total de nueve, en la Tabla 5 se pueden observar:

**Tabla 5**

*Aspectos generales del reglamento de limpieza.*

|                            |   |
|----------------------------|---|
| De la limpieza en general. | Aquí se mencionan el área encarga de la limpieza y recolección de residuos sólidos. |
|----------------------------|---|

|  |  |
|--|--|
| <p>De la limpieza de las calles, banquetas y áreas verdes.</p>       | <p>Los ciudadanos tienen la obligación de barrer y recolectar la basura que se encuentre enfrente de sus casas, así como los residuos que se generen en sus jardines, las áreas públicas estarán a cargo del ayuntamiento.</p>   |
| <p>De los comerciantes, industriales y prestadores de servicios.</p> | <p>Al igual que los ciudadanos, los comercios se deben hacer cargo del barrido y recolección de su establecimiento y asegurarse de que sus consumidores depositen la basura en los lugares establecidos, asimismo ellos deben poner los contenedores de basura.</p> <p>También los vendedores ambulantes deben mantener limpia el área donde trabajan, encargándose de colocar cestos de basura, así como barrer y recolectar sus desechos.</p> <p>Hay que señalar que en lo que respecta a los residuos industriales, estos entes deben llegar a un acuerdo con los municipios para saber como los van a destinar, y les podrá brindar concesiones y establecer áreas para que sean depositados sus residuos.</p> |
| <p>De la limpieza de los lotes sin construir.</p>                    | <p>Los lugares que se encuentren en construcción, en algunas ocasiones son utilizados para disponer residuos sólidos, por ello, menciona que los dueños pueden hacer una denuncia ante la Dirección de Servicios Públicos Municipales, cuando</p>  |

|   |  |
|---|--|
|   | esto suceda y brinda sus obligaciones, una de ellas es que tienen que fumigar para evitar plagas, así como el barrido y la recolección.  |
| De la limpieza en los mercados públicos, mercados sobre ruedas, tianguis y similares. | Los locatarios, tianguistas, deben encargarse de recolectar la basura por medio de botes o cualquier recipiente que ellos mismos deben poner, si no cumplen con este requerimiento se les sancionará quitándoles su permiso.   |
| De la limpieza en las azoteas.  | Los propietarios de casa-habitación o empresas no podrán utilizar sus azoteas como sitios de disposición, tampoco podrán criar algún animal de granja en ese lugar.  |
| Del transporte de materiales y mercancías.  | El transporte deberá tener las adecuaciones necesarias para poder recolectar los residuos, para que no se deje basura en las calles, ya que si se incumple, el transportista y los ayudantes recibirán una multa, inclusive tendrán que limpiar y recoger las calles que hayan ensuciado, si no hay una respuesta positiva puede detenerlos. |
| De la propaganda.   | Las personas o instituciones que se encarguen de brindar propaganda deberán tener un permiso por parte del ayuntamiento, y se debe colocar en su anuncio la siguiente frase:<br><br><i>“NO TIRE VOLANTE, CONSERVE LIMPIA LA CIUDAD”</i> (Estado de México)   |

|                   |  |
|-------------------|--|
|                   | <p>Patente n° Reglamento de limpieza, 1979, pág. 4).</p> <p>Si dañan algún bien inmueble deberán reponerlos y pagar una sanción.</p>   |
| De las sanciones. | <p>Se mencionan las sanciones en caso de incumplimiento en lo establecido en el reglamento, estas pueden ser:</p> <p><i>“Amonestación verbal o escrita...multa y arresto”</i> (Estado de México Patente n° Reglamento de limpieza, 1979)</p> <p>La multa es de un día de salario mínimo y puede aumentar si sigue incumpliendo el reglamento, y en los casos en los que haya algún arresto será de 36 horas.</p> |

Fuente: Elaboración propio, se basó en el reglamento de limpieza para el municipio de Naucalpan, Estado de México.

Esto es relevante porque en la cuestión del barrido no solo el municipio se encarga de barrer las vías públicas, sino que cada uno de los ciudadanos tiene la obligación de realizar esta acción afuera de sus casas, en el caso de almacenamiento se indica que no la pueden depositar en las azoteas tanto los privados como los particulares, en la recolección se menciona que se recogerá en los comercios, casa habitación y con respecto a los sitios de disposición final no se puede depositar la basura en zonas que estén en construcción, además de incluir las sanciones para las personas que no cumplan con lo estipulado.

Hay que destacar que el manejo de residuos sólidos urbanos tiene como objetivo disminuir los impactos ambientales que persisten tanto a nivel nacional como municipal, ya que, es un tema que nos concierne a todos, por ello cada uno llevará a cabo las medidas necesarias para tener un control de los desechos, en el caso de Naucalpan, el reglamento de limpieza tiene

como objetivo que el ciudadano y el ayuntamiento cumpla con el servicio de almacenamiento, barrido, recolección, transporte y disposición final.

Finalmente, los temas abordados brindan una visión de la forma en la que se deberían gestionar los residuos sólidos urbanos y que en el municipio de Naucalpan, el área encargada de mantener la limpieza en este territorio es la Dirección de Servicios Públicos Municipales, además el municipio está involucrado con los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, que es *“un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia”* (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015, párrafo 1).

En el Plan de Desarrollo del 2019 se indica que se van a cumplir con los objetivos de la Agenda, los que tiene relevancia para la presente investigación son los siguientes:

- 7 energía asequible y no contaminante
- 11 ciudades y comunidades sostenibles
- 12 producción y consumo responsable
- 13 acción por el clima

Aunado a lo anterior y conforme a los Objetivos se informa que la obtención de energía por medio del biogás que generan los RSU forma parte de la energía asequible y no contaminante porque disminuye las emisiones de metano, como se pudo validar los rellenos sanitario se pueden implementar en los municipios como sitios de disposición final con o sin recuperación de energía, con la finalidad de que los ayuntamientos puedan ser comunidades sostenibles que tengan una alternativa responsable con el medio ambiente y obtener ingresos adicionales en un servicio que por ley deben brindar. Se debe trabajar en conjunto con la sociedad para que el aprovechamiento de los residuos no solo sea en la disposición si no que se involucren en la generación y se comience a valorizar los residuos que forma parte del Objetivo 12, por consiguiente, al realizar estas acciones de prevención, recolección, traslado y disposición final se contribuye a que disminuyan los gases de efecto invernadero, que se consideran acciones por el clima.

En el siguiente capítulo se encontrarán los antecedentes de los residuos sólidos urbanos, así como los primeros acercamientos al manejo de los residuos sólidos urbanos, y se analizara el Plan de Desarrollo Federal, Estatal y Municipal para validar si llevan a cabo algún plan o manejo de los residuos.

## CAPÍTULO 2

### **Antecedentes de la gestión integral de los residuos sólidos.**

En primer lugar, los residuos sólidos siempre han estado presentes en nuestra vida, sólo tenemos que dar un vistazo al pasado para darnos cuenta de que siempre han estado ahí, entonces, ¿cuál es la diferencia con los que tenemos ahora?, ¿por qué son considerados un problema ambiental? en este capítulo se dará respuesta a estas preguntas, ya que ayudarán a entender el problema actual en torno a la generación de residuos.

Puede decirse que nuestros ancestros consumían recursos que les brindaba la naturaleza, por esta razón los desechos generados se descomponían en su entorno sin afectar al medio ambiente. Fue hasta los inicios de la metalurgia que se empezó a tener complicaciones, porque los residuos que generaban ya no se podían descomponer fácilmente, debido a que eran compuestos químicos.

Asimismo, la población comenzó a crecer y a consumir productos que se degradan lentamente, además debido a que se carecía de sitios de disposición final, la población tiraba los residuos en las calles, como consecuencia se crearon plagas que propiciaron enfermedades, un claro ejemplo fue la peste negra que se contraía de las pulgas de los roedores.

Es importante mencionar que la primera indagación en torno al control de residuos se realizó con el fin de salvaguardar la salud de los ciudadanos, posteriormente el enfoque cambia a la protección del medio ambiente porque la salud de los ciudadanos está vinculada con su entorno, sólo que anteriormente solo se consideraban las afectaciones que tenía al hombre y son más visibles sus afectaciones como la contaminación del suelo.

Visto lo anterior, los objetivos de este capítulo serán analizar el contexto histórico de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en México, al hacerlo se vinculará con la condición actual de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en Naucalpan, así como la evolución de las políticas en torno al manejo de los residuos sólidos, ya que el pasado nos indicará qué cambios se han realizado, y si en realidad hemos avanzado.

Desde que apareció el primer hombre sobre la Tierra se comenzó a generar residuos, sin embargo, estos no eran contaminantes porque eran desechos orgánicos y servían de abono, uno de los aspectos relevantes es que ni el mismo ser humano lo consideraba un problema, debido a que era nómada, por lo que *“no se preocupaba por los residuos producto de su alimentación o modo de vivir, ya que, al desplazarse de un lugar a otro la descomposición de ellos no le afectaba y se transforma en material aprovechable para los animales y plantas”* (Antecedentes y situación actual del manejo de desechos sólidos a nivel mundial, pág. 2).

## **2.1 Historia de los residuos sólidos**

El problema inició cuando se pasó de ser nómada a sedentario, puesto que una vez establecidos en un solo lugar los residuos que generaban se desechaban en los ríos porque las poblaciones se asentaban en lugares donde el acceso al agua era más fácil, pese a lo que se pudiera creer, es importante mencionar que *“esa práctica no producía contaminación alguna debido a que la contaminación era mínima en relación con la pureza del medio ambiente y a que el tipo de desecho generado era de tipo orgánico”* (Antecedentes y situación actual del manejo de desechos sólidos a nivel mundial, pág. 2).

Después, se comenzaron a formar comunidades y a practicar la agricultura, de acuerdo con los antecedentes y situación actual de desechos sólidos a nivel mundial (s.f.), estas acciones crean nuevos trabajos como los comercios, así como establecimientos que transforman la materia prima, con esto el ser humano se iba adentrando más en la creación de herramientas y maquinaria, lo que dio cabida a la primera Revolución Industrial. En esta etapa los niveles de contaminación fueron mayores y el *“crecimiento continuo de la población, que en proporción creó más basura. Además, se le sumó más tarde el consumo exagerado de objetos innecesarios, desechados casi siempre en un período corto”* (Antecedentes y situación actual del manejo de desechos sólidos a nivel mundial, pág. 3).

Finalmente, nació la necesidad de almacenar, controlar y disponer los residuos sólidos, aunque primordialmente se trata de atender una problemática relacionada a la salud esto va cambiando hasta que llega a ser una que tiene afectaciones al medio ambiente, lo cual se modifica de acuerdo con lo establecido en cada localidad, en el siguiente apartado, se describe la evolución de los residuos sólidos en México.

## 2.2 Evolución del manejo integral de los residuos sólidos urbanos en México.

Como puede observarse en cuanto el ser humano se da cuenta que el tener un control de los residuos sólidos es una cuestión de salud pública, se comienza a hablar del manejo de los residuos sólidos, primordialmente de los sitios de disposición final, puesto que no se contaban con ningún lugar establecido y los desechos se llevaban a las periferias para ser desechados en barrancas, baldíos y ríos, lo que hoy en día consideramos tiraderos de cielo abierto.

Como consecuencia en 1971 la Organización Mundial de la Salud (OMS) comienza a tratar temas relacionados al manejo de residuos sólidos, en este aspecto menciona que *"existe la necesidad de tomar en cuenta las faces sólidas, líquidas y gaseosas de la disposición de desechos, de tal manera que se puedan reducir al mínimo los riesgos y efectos nocivos que afectan al hombre y su entorno"* (Antecedentes y situación actual del manejo de desechos sólidos a nivel mundial, pág. 5).

En lo que concierne a México el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), informa que se comienza a tener un *"control de los residuos sólidos municipales en la época precortesiana, pero no fue hasta 1891 que se creó el primer código sanitario por el Consejo Superior de Salubridad"* (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2007, pág. 1).

Es importante mencionar que el contexto histórico alrededor de la gestión integral de los residuos sólidos va acompañado de la evolución de las políticas en torno de los residuos sólidos, por ello la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917 menciona *"las bases para un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la protección al medio ambiente, la prevención de la contaminación y la gestión integral de los residuos, así como a un ambiente sano, a través del derecho de la salud"* (Instituto Nacional de Ecología, 2000, pág. 39).

Por otra parte, *"la primera obra de gran magnitud para el control de los RSM<sup>6</sup> se realiza en la década de 1960, cuando en la Ciudad de Aguascalientes se diseña y opera el primer*

---

<sup>6</sup> Residuos sólidos municipales que cambia posteriormente a residuos sólidos urbanos con la Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

*relleno sanitario del país, bajo la dirección de profesionales y técnicos de la CCISSSA<sup>7</sup>*” (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2007), pero no fue hasta 1964 que la federación comenzó a realizar acciones en torno al control de residuos sólidos municipales, una de sus primeras acciones fueron las reformas constitucionales de 1971 enfocadas a la prevención y control de la contaminación, que dio origen a la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación.

Vale la pena mencionar, conforme al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2000) que al primer relleno sanitario se le dotó de planes de manejo y asesoría para el control de los residuos sólidos municipales, la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria de la Secretaría de Salubridad y Asistencia era la encargada de dar estas indicaciones, sin embargo, en 1981 dejó de realizar estas tareas porque desapareció y la que tomó el mando fue la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente (SMA), una de las grandes atribuciones de esta institución fue el apoyo que otorgó a los diversos estados para el manejo adecuado de los residuos sólidos municipales, así como su disposición final.

Por otro lado, *“no proporcionó atribuciones a los estados para participar en la legislación en materia ambiental y su enfoque sólo estuvo centrado en aspectos de salubridad”* (Instituto Nacional de Ecología, 2000). Es decir, el control de residuos sólo era una cuestión relacionada a la salud, por ello en 1983 hubo nuevas reformas que influyeron en el manejo de residuos de manera municipal, así como las relacionadas al cuidado del medio ambiente, las más importantes fueron:

1. La modificación del artículo 4, *“se dio cabida a la protección del medio ambiente como una vía para proteger la salud humana”* (Instituto Nacional de Ecología, 2000).
2. La incorporación en el artículo 25 la protección al ambiente, este mencionaba los criterios en torno a los recursos productivos;
3. La inclusión en el artículo 115, fracción III, que los municipios se harían cargo de los servicios de limpia. Cabe añadir que hasta 1999 de manera textual se menciona *“la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos”* (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

---

<sup>7</sup> Era la Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria, de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

A partir de lo anterior en 1983 el control de los residuos y otros contaminantes ya estaban más enfocados a la protección del medio ambiente, las siguientes acciones por parte de la federación se dan cuando se establece *“la protección al equilibrio ecológico, lo que dio cabida a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente en 1988”* (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

Incluso la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente (LGEEPA) brinda en términos generales en los artículos 134, 135 y 137 las responsabilidades que tiene el gobierno federal, estatal y municipal para la prevención de residuos sólidos mediante el aprovechamiento de estos con alternativas de reutilización. Además, *“a partir de 1983, se inicia el programa RS100, el cual consistió en la elaboración de proyectos ejecutivos de relleno sanitario en las ciudades mayores de 100 000 habitantes”* (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2007).

En este sentido, la federación estaba más concentrada en crear políticas en torno a la disposición de residuos, debido a que cada día estos aumentaban de manera exponencial, empero tenían pocas políticas enfocadas a la prevención o valoración de los residuos, para que la población dejara de desechar productos que ya no consideraba valiosos, al respecto el INECC (2001) señala que *“el problema de la gestión de los residuos radica en cómo disminuir los impactos en la flora y fauna, en la salud de las personas, en la calidad de vida en los ciclos ecológicos y causar el menor daño al ambiente”* (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

Eso quiere decir que para tener un buen manejo de los residuos sólidos, se debe considerar la opción que no tenga grandes impactos en el medio ambiente, asimismo se pueden observar los cambios que se han hecho en torno al control de los residuos sólidos, pasó de ser una problemática de salud a una que busca prevenir y disminuir los impactos negativos que tiene el ser humano sobre la Tierra.

Ahora bien, de acuerdo con la información del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC):

En 1992 se creó la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) que incluye en su organismo al Instituto Nacional de Ecología (INE), la primera institución brindaba

asesoría a los municipios por medio de los proyectos y del financiamiento para que pudieran controlar los residuos sólidos municipales (RSM), así como la construcción y operación de los rellenos sanitarios. Más tarde se crea la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) ahora conocida como la SEMARNAT, con este cambio el Instituto Nacional de Ecología (INE) se volvió responsable de la normatividad de los residuos sólidos municipales y la selección de sitios de rellenos sanitarios. (2007, párrafo 12).

Debemos hacer notar que en el año de 1991 comenzó la investigación en torno a la generación de energía por medio de los residuos sólidos, considerando el biogás que se produce en los rellenos sanitarios.

De esta forma, en el sexenio de 1994 al 2000 se comenzaron a incluir al Plan de Desarrollo Nacional acciones enfocadas a los residuos sólidos y la protección al medio ambiente y se creó una empresa para el acopio de los plásticos, estas acciones dieron origen a lo siguiente:

En 1996 se reforma la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, dando paso a la definición de desarrollo sustentable. Norma Oficial Mexicana NOM-083-Ecol-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales (Greenpeace, 2019, pág. 8).

Más tarde en el año 2000 se comenzó a implementar las políticas de separación de residuos sólidos con el fin de reutilizar y aminorar los mismos, después en 2003 se publicó la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), en ella se cataloga a los residuos sólidos municipales como residuos sólidos urbanos (RSU), este es uno de los cambios más importante, ya que a partir de ese momento se comenzó a hablar de los residuos sólidos urbanos.

En el mismo año se llevó a cabo el primer proyecto de generación de energía con biogás en el relleno sanitario de Salinas Victoria en el Estado de Nuevo León, fue impulsado por SEDESOL, fue gestionado por el Banco Mundial para la captura y destrucción de emisiones de metano, apreciado como un *“proyecto de autoabastecimiento eléctrico donde el organismo operador del relleno sanitario...y la empresa bioeléctrica de Monterrey*

(conformado por un consorcio mexicano inglés- costarricense), constituyen la sociedad de autogeneración junto con las empresas consumidoras de energía” (Arvizu & Huacuz, 2003, pág. 122).

Vale la pena señalar que el “*Instituto Nacional de Ecología reportó en 2003 la existencia de tres incineradoras con autorización, 36 para residuos biológicos infecciosos y siete para residuos industriales*” (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012).

En cuanto a los sitios de disposición final se empezaron a tener gran relevancia por la emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que producen, de los que destaca el metano y el dióxido de carbono, por esto se buscó controlar los criterios de diseño, implementación, operación, monitoreo y clausura de los vertederos de basura que dio origen a la NOM-083-SEMARNAT-2003 y que se publicó en el Diario Oficial de la Federación en el año del 2004, con la finalidad de poder captar los gases que producen, así como los lixiviados para evitar que afecten al medio ambiente o haya explosiones por el gas metano.

Cabe añadir que el Banco de México en el año 2005 alude a que el 15% de los residuos generados eran dispuestos en sitios controlados, simultáneamente entra en vigor el Protocolo de Kioto que buscaba disminuir los gases de efecto invernadero. En este aspecto las heces de las vacas son las que más generan gas metano y le siguen los vertederos de basura. Al entrar en vigor dicho convenio se buscó utilizar el biogás de los sitios de disposición final, de modo que en 2008 se emitió la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), cuyo objetivo es implementar tecnologías limpias y fuentes de energía renovable.

A la vez, se creó el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos sólidos 2009-2012. En 2010 en la CDMX se comenzaron a implementar acciones relacionadas a la separación de residuos.

Otro dato que brinda el Instituto de Investigaciones eléctricas es que:

En el año del 2011 ya se contaban con 196 rellenos sanitarios y 20 rellenos de tierra controlados, más adelante en el año 2012 se hizo un gran avance porque se

implementaron 3 rellenos sanitarios con maquinaria para la recuperar energía del biogás producido, fue en Aguascalientes, Monterrey y Ciudad Juárez (2012, p. 12).

Cabe añadir que en 2011, solo el 35% de los rellenos sanitarios cumplían con las especificaciones que brindaba la SEMARNAT para su implementación y operación, debido a esto el 23.2% de los residuos sólidos urbanos fueron dispuestos en tiraderos de cielo abierto, tal y como se observa en la Ilustración 10.

### Ilustración 10

*Residuos sólidos urbanos en 2011*

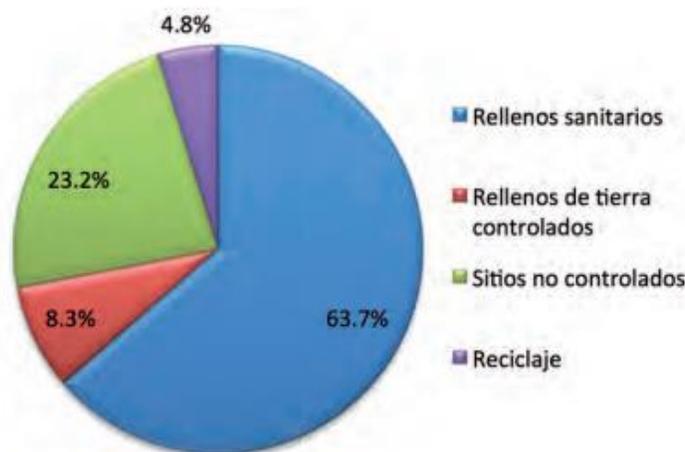


Figura 1.6. Destino de los RSU en 2011.

Fuente: Tomado de la guía de usuario para la generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos (p.12), Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2011, Comisión Federal de Electricidad.

Es decir, que en 2011 sólo el 63.7% se depositaba en rellenos sanitarios, y de estos el 35% estaba regulado, mientras que el 8.3% se disponía en rellenos de tierra, el 23. % en tiraderos de cielo abierto y de todos los residuos que se generaron solo se recicló un 4.8%, dejando ver que a pesar de las disposiciones que ya existían por parte de la SEMARNAT no se tenía un manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos, y no se tenía una cultura del reciclaje por la poca información que aún persiste del tema.

Por consiguiente, en esta misma fecha la *“Norma Oficial Mexicana NOM-161- Semarnat-2011, da criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo”* (Greenpeace, 2019).

Después, en 2016 conforme al reporte de Greenpeace (2019) la SEDEMA<sup>8</sup> brinda el registro y autorización para el manejo integral de los residuos con la finalidad de regular el aprovechamiento y la valorización de los residuos. Más tarde, en 2017 *“entra en vigor en la Ciudad de México la Norma Ambiental NADF-024-AMBT-2013 ley que impulsa la separación de residuos en cuatro categorías: orgánicos, inorgánicos reciclables, inorgánicos no reciclables y de manejo especial o voluminosos”* (Greenpeace, 2019).

Finalmente, en 2019, de acuerdo con el reporte de Greenpeace (2019), la SEMARNAT comienza a implementar una visión nacional de una gestión sustentable, en esa misma fecha inicia el programa de basura cero que busca fomentar la economía circular que con el reciclaje y reúso, en el siguiente apartado se mencionará a fondo el contexto nacional del manejo de los residuos sólidos urbanos.

## **2.3 Diagnóstico de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en 2020**

Ante todo, es importante señalar que los datos de los que se hará mención se obtuvieron de la SEMARNAT y que esta se sustentó en el Censo Poblacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México (CNGMD) del 2017 y en los Programa para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (PPGIR).

Ahora bien, en el 2020 *“la generación per cápita calculada fue de 0.944 kg/hab/día<sup>9</sup> y la generación total en el país se estima en 120,128 t/día<sup>10</sup>. Asimismo, a nivel nacional se estiman 38,351 t/día de residuos aprovechables mediante el reciclaje o la recuperación de energía”* (SEMARNAT, 2020).

---

<sup>8</sup> Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México.

<sup>9</sup> Kilogramo por habitante al día

<sup>10</sup> Toneladas al día

De igual forma, la SEMARNAT indica que los estados que generan más residuos sólidos urbanos son el Estado de México, que aporta 16, 739 t/día, la Ciudad de México con 9, 552 t/día y Jalisco con 7, 961 t/día, en cambio las entidades que generan menos son Campeche con 888 t/día, Colima 743 t/día y Baja California con 737 t/día. Hay que considerar que la población del Estado de México es mayor que de la Campeche o Colima, esto quiere decir que entre más población tenga un Estado, mayor será la producción de residuos sólidos urbanos. (2020, p. 19).

Asimismo, la SEMARNAT informa que los residuos aprovechables se dividieron en tres categorías, una se enfocó en los residuos sólidos urbanos que pueden ser utilizados para el reciclaje o reúso, de estos los que más se recibieron en los centros de acopio fueron el plástico, papel y cartón. En segundo lugar, se encuentran los residuos orgánicos que pueden ser utilizados en el compostaje y el biogás. De los residuos orgánicos se puede utilizar para la generación de energía, en este caso la fracción orgánica que más se obtuvo más fueron los residuos alimentarios y de jardinería. En tercer lugar, se encuentra la categoría otros, aquí se incluyeron los residuos de algodón y pañales desechables (2020, p. 24).

Hay que tener en cuenta que los residuos aprovechables que se mencionaron antes fueron datos que se obtuvieron del 2017, y el porcentaje total de residuos sólidos urbanos que se pudieron aprovechar fue del 39.57 %, para el 2020 el porcentaje disminuyó y fue del 31.55%, sin embargo, los residuos orgánicos que se recibieron fueron del 46. 42%, mientras que en 2017 fue de 37.97%, es decir, que en 2020 hubo más residuos aprovechables, aunque la porción que se pudo reciclar o reusar fue menor a comparación del 2017.

Recapitulando, los residuos aprovechables para el 2020 fueron 38, 351 t/día en este apartado del diagnóstico de la SEMARNAT se encuentran los residuos que pueden ser reciclados y con los que se puede obtener energía, la fracción orgánica que se pudo obtener para el compostaje fue de 56, 427 t/día, cabe recalcar que estas son estimaciones que realizó la SEMARNAT, debido, a que no se tenía información reciente, como se mencionó anteriormente, se sustentó en el CNGMD 2017 y PPGIR. (2020, p. 29)

En lo que concierne a la recolección *“la cobertura de recolección nacional es de 83.87%, es decir, 0.06% menor al índice de cobertura calculado en el DBGIR<sup>11</sup> 2012, que fue de 83.93%. Lo cual significa que 19,377 t/día de residuos no son recolectados”* (SEMARNAT, 2020).

En otras palabras, la etapa de recolección ha disminuido a comparación del 2012, se puede inferir que en lugar de avanzar en el manejo de los residuos sólidos, se va retrocediendo, ya sea porque no se cuenta con el transporte adecuado o porque los municipios no se encuentran capacitados para brindar el servicio que por ley deben brindar o porque los costos son muy altos, son razones por las que no se brinda el servicio de recolección en los municipios, cabe añadir que en el diagnóstico que brinda la SEMARNAT se menciona que a nivel nacional se tiene un parque vehicular con 16, 615 vehículos, y sólo el 59.30% tiene un sistema de compactación (2020, p. 40).

Ahora bien, la SEMARNAT reporta que en el Estado de México de las 16, 739 t/día sólo se recolectan 12,409 t/día, dejando 4,330 t/día sin recolectar, en estos casos se infiere que la población pudo haberlos quemado o desechado en barrancas o ríos, no se menciona qué pasó con los residuos que no se recolectaron, asimismo, la propia institución indica que los datos de la recolección no son precisos, debido a que las autoridades les brindaron esta información con base a estimaciones, se puede validar que tanto a nivel nacional como estatal se carece de información con respecto al manejo de los residuos sólidos urbanos esto es una muestra de la falta de control y registro que puede tener la administración. (2020, p. 30)

Por tanto el personal y la maquinaria que se utiliza para realizar la etapa de la recolección, conforme al censo del 2017 fue de 2,516 personas en el país, y de estos 2, 192 fueron del sector público, se debe recordar que esta actividad la debe realizar el municipio, esto se encuentra establecido en el artículo 115, fracción III, de la Constitución, sin embargo, en el reporte de la SEMARNAT (2020) se menciona que hay estados en los que no se lleva a cabo esta etapa, la estimación es de 179 municipios que no brindan este servicio, no dan alguna explicación pero en estas poblaciones acuden camiones privados para llevarse sus residuos, aunque una parte de los ciudadanos los quema o los entierra en terrenos baldíos.

---

<sup>11</sup> Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos.

Otro punto es la recolección selectiva, esto quiere decir que desde el origen se separan los residuos para que posteriormente acuda el camión por ellos, en algunas ocasiones se cuenta con un transporte especial y en otras se puede utilizar el mismo, pero se debe diseñar un sistema de recolección en el que unos días se acuda por residuos orgánicos y los inorgánicos. Inclusive, “*en México, se recolectan por separado 5,281 t/día de residuos, alrededor del 5% del total de los residuos recolectados; 2,062 t/día, correspondientes a la FORSU<sup>12</sup> y 3,219 t/día a la FIRSU<sup>13</sup>*” (SEMARNAT, 2020).

Cabe añadir que esta actividad está presente en 144 municipios del país, el Estado de México es uno de ellos, recolecta por separado 286. 84 t/día, aunque no se menciona en que municipios se lleva a cabo. También en esta etapa se debe considerar el parque vehicular que se encarga de la recolección, la SEMANAT (2020) tiene registrado que se cuenta con 16, 615 vehículos a nivel nacional, estos se dividen en tres tipos: vehículos con sistema de compactación, caja abierta y otros, los cuales se pueden observar en la ilustración 11.

---

<sup>12</sup> Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, se utiliza para producir biogás.

<sup>13</sup> Fracción inorgánica de los residuos sólidos urbanos, se utiliza para el reciclaje o reúso.

## ***Ilustración 11***

### *Camiones recolectores*



**Vehículos con  
sistema de  
compactación**

**Vehículos de  
caja abierta.**

**otros**

Fuente: Elaboración propia con datos de la SEMARNAT 2020.

Es decir, la SEMARNAT (2020) indica que de los 16, 615 vehículos, 9, 852 tiene un sistema de compactación, 4, 821 son de caja abierta y 1, 942 son otros que pueden ser de carga frontal, en el caso de lo que recolectan por contenedores. Así pues, la Ciudad de México para el 2020 contaba con más vehículos, en total eran 2,688, en segundo lugar se encontraba el Estado de México con 2,479, y por último Jalisco con 1, 275, debemos hacer notar que la CDMX y el EDOMEX son los que cuentan con más vehículos con sistema de compactación.

Hay que hacer hincapié en el hecho de que los camiones recolectores algunas veces ya tienen más de 20 años de operación, en estos casos se debe considerar darles mantenimiento o bien comprar nuevos vehículos para que se realicen las actividades de recolección, ya que, si se cuenta con el transporte, pero está en malas condiciones, no va a realizar la actividad, este deberá ser un dato relevante para la gestión integral de los residuos sólidos, la antigüedad vehicular.

Por otro lado, como se ha mencionado anteriormente, la recolección separada es uno de los temas relevantes para el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos. En este aspecto la SEMARNAT (2020) nos indica que se cuentan con 248 vehículos tipo compactador con separación en 61 municipios, en algunos la recolección de los residuos orgánicos e inorgánicos se lleva a cabo en diferentes días, vale la pena mencionar que de los 61 municipios que cuentan con este vehículo, sólo dos tienen registros de las actividades que

realizan, de los demás se carece de información y no se sabe si cuentan con este transporte, considerando que el costo por este tipo de maquinaria es mayor.

Así mismo en la tercera etapa del manejo de los residuos sólidos urbanos, que incluye la recolección y transporte, se habló de los sitios por transferencias, estos lugares tienen una función importante ya que se busca que los camiones recolectores no recorran grandes distancias al momento de disponer de los residuos, entonces estos sitios son un punto medio, aquí los camiones llevan los residuos sólidos urbanos que recolectaron y estos se encargan de compactarlos y llevarlos a los rellenos sanitarios, lo hacen de esta forma para que el transporte no pierda el tiempo y pueda regresar a sus funciones.

Así pues, en las transferencias de residuos la SEMARNAT informa que existen 127 estaciones, y estas se encuentran en 112 municipios, en estos lugares 71 se encargan de llevar estos residuos a los sitios de disposición final, mientras que 56 se encargan de compactarlos, el Estado de México cuenta con 20, 10 que no brindan servicios adicionales como compactación o separación y 12 que, si los brindan, se desconoce la ubicación exacta de dichos sitios. (2020, p. 45)

Se debe señalar que no se cuenta con información actual de las actividades que realizan en estos sitios, en la gestión integral de los residuos sólidos hay mucha desinformación y los datos que no están actualizados, esta es una de las barreras que se tienen al hablar del manejo de los residuos sólidos urbanos.

Ahora bien, en el diagnóstico relacionado al aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos se establece en dos vertientes, una de ellas son los centros de acopio y las plantas de tratamiento para residuos orgánicos como inorgánicos, en este aspecto *“en el país existen 1,060 Centros de Acopio de materiales reciclables en 21 entidades federativas, mientras que 11 entidades federativas no reportan”* (SEMARNAT, 2020).

Hay que tener en cuenta que la SEMARNAT señala que hay 1,060 centros de acopio que se reportan, 423 centros de la CDMX y 464 de San Luis Potosí, fueron excluidos del reporte de la SEMARNAT, debido a que no estaban establecidos de manera formal, esto deja a que solo haya 173 centros de acopio a nivel nacional, de estos 16 se encuentran en el Estado de México, el que tiene más centros de acopio es Veracruz con 58, en total se reciben 38, 431

kg/día, los residuos que más llegan a los centros son el papel, cartón, PET y el vidrio. (2020, p. 49)

Lo cierto es que en México, tanto a nivel nacional como municipal, se cuentan con centros de acopio, algunos son gubernamentales y otros privados, los segundos les dan incentivos a la población cuando van a dejar sus residuos, ya sea dinero o despensas, lamentablemente se compite con estas empresas, pero el fin sigue siendo el mismo, incentivar a la población a separar los residuos y que los residuos inorgánicos puedan reciclarse.

Con respecto a las plantas de tratamiento de los residuos sólidos urbanos, en el reporte de la SEMARNAT se establece que se cuentan con 47 y que se encuentran en 43 municipios, estas se dividen en dos las que aprovechan los residuos inorgánicos, a nivel nacional se cuentan con 44 y los residuos orgánicos con 24 instalaciones, los datos no coinciden con el total de plantas que reportan, sin embargo, se menciona que es porque algunas plantas realizan varios procesos, esto resulta ambiguo porque no tiene un respaldo de los datos que nos brinda, algunas veces sólo es información que no está actualizada o que brinda el ayuntamiento de manera verbal. (2020, p. 52)

También hay que mencionar que una de las fuentes que tenemos son los pepenadores, ellos recolectan en los rellenos sanitarios los residuos que se pueden aprovechar, lamentablemente estos carecen de prestaciones como el seguro médico, no hay ningún dato que nos informe sobre cuántas personas realizan esta acción, debido a que estas son acciones que están prohibidas en las etapas del manejo de residuos sólidos.

Por último, en lo que respecta a los rellenos sanitarios, en México hay *“2,203 SDF<sup>14</sup> se ingresan 86,352.7 t/día de residuos, dichos sitios están ubicados en 1,722 municipios, de prácticamente todas las entidades federativas, a excepción de la Ciudad de México”* (SEMARNAT, 2020).

Es importante mencionar que hay 736 municipios que no cuentan con un relleno sanitario, la mayoría de los rellenos sanitarios a nivel nacional son tipo A, esto quiere decir que reciben más de 100 t/día, de manera particular en el Estado de México hay 71 sitios de disposición final, mientras que en 54 municipios no hay, en el informe que brinda la SEMARNAT no se

---

<sup>14</sup> Sitios de disposición final

menciona que acciones llevan a cabo estas localidades, sin embargo, en estos casos lo que la población hace es tirarlos en los barrancos, ríos, calles o quemarlos.

Vale la pena hacer hincapié a que no se puede clasificar a los rellenos sanitarios como sitios controlados, debido a la poca información que se tiene de sus funciones, sin embargo, la SEMARNAT, brinda de forma concisa la infraestructura de estos sitios de disposición final a nivel nacional, como se puede observar en la tabla 6. (2020, p.74)

**Tabla 6**

*Infraestructura de rellenos sanitarios en México*

| Infraestructura | Báscula | Captura de lixiviados | Captura de biogás | Geomembrana | Cerca | Ninguna |
|-----------------|---------|-----------------------|-------------------|-------------|-------|---------|
| Total           | 190     | 359                   | 213               | 326         | 955   | 1,053   |

Fuente: Elaboración propio con información del diagnóstico de la SEMARNAT 2020.

Es decir, que de los 2,203 rellenos sanitarios que hay a nivel nacional solo 190 cuenta con báscula, 359 captura lixiviados, 213 captura biogás, 326 tiene una geomembrana para que no se filtren los lixiviados al subsuelo, sólo 955 cuentan con una cerca y 1,053 no cuentan con ninguno de estos elementos, estos podríamos considerarlos sitios no controlados, aunque si tampoco cuentan con captura de lixiviados, pero si tienen al menos una báscula, ¿los convierte en sitios controlados?, de acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003 que brinda las especificaciones diría que no, ya que en esta se encuentran todos los aspectos con los que deben cumplir los sitios de disposición final.

El reporte de la SEMARNAT (2020) menciona que por esas razones es complicado clasificarlos como sitios regulados o no regulados. En lo que respecta al Estado de México, de los 71 sitios de disposición solo 17 tienen una báscula, 32 captura lixiviados, 22 captura biogás, 22 tiene una geomembrana, 24 tiene una cerca y 25 no tiene nada.

Ahora bien, de la información que pudo obtener la SEMARNAT (2020) en la tabla 7 se pueden observar algunos de los procesos que llevan a cabo algunos vertederos de basura:

**Tabla 7**

*Procesos de los rellenos sanitarios en México*

| Procesos | Control de acceso | Control de admisión de residuos | Compactación y cubrimiento con tierra | Monitoreo de aspectos de higiene y seguridad | Ninguna |
|----------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--|---------|
| Total    | 753               | 417                             | 955                                   | 260  | 883     |

Fuente: Elaboración propio con información del diagnóstico de la SEMARNAT 2020.

Basado en la información de la SEMARNAT se puede decir que solo 753 de los 2, 203 tienen un control de acceso mientras que 1,450 no tiene ningún control, así mismo sólo 417 tiene un control de admisión de residuos, 955 tiene compactación o cubrimiento con tierra, con la otra mitad no sabemos si cubren o no los residuos sólidos urbanos, solo 260 tiene un monitoreo de higiene y seguridad y 883 no tiene nada, estos datos son importantes porque nos indican el estado en el que se encuentran los rellenos sanitarios que tenemos, se busca que los sitios de disposición final no tengan grandes impactos al medio ambiente y que los residuos sólidos urbanos puedan ser tratados de manera correcta (2020, p. 75).

En particular en el Estado de México de los 71 vertederos de basura, 48 no tiene un control de acceso, 32 tiene un control de los residuos que admiten, 56 tiene el servicio de compactación y cubrimiento de tierra, un dato relevante es que ninguno tiene un control de higiene y seguridad, y 9 no realizan ninguno de estos procesos.

En resumen, estos datos nos demuestran que no es posible tener un control de residuos si la mayoría de los sitios de disposición final carecen de la infraestructura necesaria para poder proteger al medio ambiente o la salud de los ciudadanos, es necesario dotar a los municipios de las herramientas necesarias para poder mantener un relleno sanitario en óptimas condiciones, sin embargo, el presupuesto destinado a estas obras es una de las barreras para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

En cuanto al municipio de Naucalpan, Estado de México se han tenido dificultades para disponer de sus desechos, de acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal:

El relleno sanitario que operó desde 1976 se clausuró en 2006, este era el lugar donde se concentraban los desechos de la comunidad naucalpense, lo que permite que haya tiraderos a cielo abierto, y que tiren los desechos en las calles o barrancas. Al parecer el relleno sanitario fue concesionado en 2005 a Bio Merik Sapi de C.V (2019, p.200).

Además, informa que en *“el año de 2019 se contaba con 138 unidades para la recolección de residuos, para ese tiempo la comunidad generaba 0.65 kg por habitante diario”* (Secretaría de gobierno, 2019).

Cabe añadir que no se ha generado ningún tipo de energía sustentable, sin embargo, aluden a que, se puede implementar por medio de proyectos rentables como el biogás, energía eólica y agua para riego. En el caso del tratamiento y saneamiento de los sitios de disposición final se busca crear centros de generación de energía para utilizar los gases que producen los residuos orgánicos.

Por otra parte, el Plan de Desarrollo municipal indica que:

Las emisiones totales de gas invernadero en Naucalpan fueron de 1.78 millones de toneladas en 2012, el sector que más contribuye es el sector energético que aporta el 74.7%, le sigue el transporte con el 52% y las emisiones de desechos con el 10.3% (2019, p. 269).

En conclusión, el vertedero de basura que fue concesionado se clausuró en el año del 2020 debido a las irregularidades que tenía, producía fuertes olores y contaminación del agua en las colonias cercanas, este problema se refleja tanto en las administraciones pasadas como en las actuales. En definitiva, Naucalpan no cuenta con un sitio para la disposición final controlado, a través de la observación que se ha realizado en el Ayuntamiento de Naucalpan de Juárez por el servicio social, se pudo inferir que, aunque esté clausurado, se siguen desechando los residuos sólidos urbanos, y se sigue operando de manera normal, como si no estuviera cerrado, estas acciones y traen consigo un gran problema económico, social y ambiental que en algún momento puede dar como resultado una explosión del vertedero de basura.

También hay que recordar que en la evolución de las políticas en torno a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos están los planes de desarrollo que se generan para atender los

ámbitos sociales, territorial, económico y de seguridad, así como los ejes transversales que dependen de cada ayuntamiento, en algunos casos el primero es la igualdad de género, gobierno moderno y tecnología o conectividad, en el siguiente apartado se analizarán los planes de desarrollo en los tres ejes de gobierno del período 2019-2021.

## **2.4. Plan de Desarrollo Nacional, estatal y municipal**

Ante todo se puede mencionar que un plan de desarrollo es un diagnóstico que indica en qué situación se encuentra el municipio, así como las acciones que se van a realizar para poder contribuir a la mejora de este, en este documento se incluye una misión, una visión, los objetivos para cada pilar y se tiene que considerar que los objetivos tienen que estar alineados con la Agenda 2030, se tiene que hacer un plan federal, estatal y municipal que deben estar relacionados.

Ahora bien, el primero es el Plan Nacional de Desarrollo del periodo 2019-2024, en este no hay mucho que decir porque no menciona en ningún momento el tema de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, no habla de los residuos sólidos en general, de forma breve menciona la sustentabilidad, brinda ciertos proyectos enfocados en los jóvenes, persona de la tercera edad, desarrollo urbano y sembrando vida.

Ahora bien, en el apartado de desarrollo sostenible se menciona lo siguiente:

*“El gobierno de México está comprometido a impulsar el desarrollo sostenible, que en la época presente se ha evidenciado como un factor indispensable del bienestar”* (Presidencia de la República, 2019).

En cambio, en el apartado rescate para el sector eléctrico, se busca fomentar el uso de fuentes fósiles como el petróleo y convertirlo en una de las principales fuentes de energía, por otra parte hace mención del uso de fuentes de energía renovable que impulsará al desarrollo sostenible, cabe mencionar que las fuentes fósiles producen contaminación atmosférica y ambiental por el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que producen, hay que considerar que se debería disminuir el uso de fuentes fósiles, para poder contribuir y participar en el Objetivo 7 de energía asequible y no contaminante; aumentar el uso de energías renovables para poder

avanzar en el desarrollo sostenible del país, no hacerlo al revés como se propone en el presente plan.

En segundo lugar, está el Plan de Desarrollo Estatal 2017-2023 del Estado de México, en este sí se incluyen los residuos sólidos, se menciona la situación en la que se encuentra la entidad y las acciones que llevará a cabo, es importante mencionar que este Plan menciona que busca cumplir con los objetivos de la Agenda 2030 y en cada pilar los Objetivos están vinculados con ésta.

Referente al pilar en el que se mencionan los residuos sólidos urbanos es el tres que se llama pilar territorial, Estado de México ordenado, sustentable y resiliente. En él se menciona que la energía eléctrica es uno de los insumos prioritarios, conforme al Plan de Desarrollo del Estado de México (2017) se tiene una cobertura del 96% porque se implementaron 276 obras para la energía eléctrica, uno de los puntos relevantes es que busca transitar de las fuentes fósiles a las energías limpias.

Asimismo, *“la Ley para el Aprovechamiento de las Energía Renovables, el Financiamiento de la Transición Energética y la Ley del Cambio Climático, las cuales señalan que un 35% de la electricidad debe generarse mediante energías limpias con fuentes renovables”* (Gobierno del Estado de México, 2017).

Incluso, se han realizado diversos proyectos como la colocación de lámparas tipo LED para reducir el consumo de energía, además sus objetivos son los siguientes:

- *“Promover el uso de energías limpias en edificios gubernamentales”* (Gobierno del Estado de México, 2017).
- Fomentar y crear programas para establecer mecanismos de ahorro de energía.
- Promover la disminución de combustibles fósiles

Estos son algunos de los objetivos que se mencionan. Este aspecto es relevante porque la investigación tiene como finalidad el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos para la generación de energía, esta podría ser una alternativa para el municipio.

Por otra parte, sobre los residuos sólidos urbanos, *“entre 2007 y 2016 la generación de residuos en el Estado de México creció en 13.2%”* (Gobierno del Estado de México, 2017).

Debemos señalar que el Estado de México es una de las entidades que más genera residuos a nivel nacional, estos residuos son depositados en cuatro rellenos sanitarios, en el Plan se indica que esa es la única forma en la que disponen de los residuos sólidos, y que se desaprovecha el biogás que se genera, algunos de sus objetivos son:

- Promover el reciclaje.
- Impulsar a la población a separar sus desechos.
- “Aprovechar los residuos sólidos urbanos y agropecuarios para la generación de biogás como fuente de energía” (Gobierno del Estado de México, 2017).
- Fomentar el saneamiento de los sitios de disposición clandestinos.

Para finalizar en el Plan De Desarrollo de Naucalpan 2019-2021 al igual, que en el del Estado de México, sus objetivos están relacionados con los de la Agenda 2030, busca ser un municipio resiliente y fomentar el uso de energías renovables, así como utilizar el biogás del relleno sanitario que se localiza en Rincón Verde en Naucalpan para la generación de energía, este plan realizó un diagnóstico FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), algunas de las cuales se mencionan a continuación:

## Ilustración 12

*Análisis FODA del Ayuntamiento de Naucalpan, Estado de México 2019.*



Fuente: Elaboración propia con información del Plan De Desarrollo de Naucalpan, Estado de México 2019-2021.

Estos son algunos de los aspectos que consideran los planes de desarrollo. En Naucalpan no se promovió una cultura del reciclaje, el relleno sanitario fue clausurado una vez más en 2020, y debido a los problemas económicos que presentó la administración, los camiones recolectores dejaron de hacer sus actividades de recolección porque no se les pagaba a los trabajadores, la población tuvo que recurrir a instancias privadas.

Recapitulando, los residuos sólidos desde que el ser humano existe los ha producido, sin embargo, estos no tenían impactos al medio ambiente porque eran desechos orgánicos, hemos visto como el manejo de los residuos sólidos urbanos pasa de ser un problema de salud a uno ambiental, así como la evolución de las políticas en torno a su gestión integral, cabe mencionar que aún no se tiene políticas públicas ni programas enfocados a la valorización de los residuos y la prevención, impulsar a que la población solo consuma lo necesario, además no se recicla debido a que la población no cuenta con la información necesaria para realizarlo de manera correcta.

Debemos hacer notar que en los tres ámbitos de gobierno se indica que no hay una cultura de reciclaje, lamentablemente no se da seguimiento a esta cuestión. La SEMARNAT nos da un contexto de la situación que enfrenta nuestro país en la gestión integral de los residuos sólidos, y la gran barrera que se tiene, se carece de información, los datos que se proporcionan no se encuentran actualizados o solo se tiene el respaldo de los que dicen los trabajadores de los ayuntamientos, no se tiene un control y los sitios de disposición carecen de infraestructura, se podría afirmar que la mayoría de los que se tienen en el país no están controlados.

Asimismo, nos encontramos con otra barrera, ya que la presente administración Federal busca fomentar el uso de combustibles fósiles al tenerla como una de las principales fuentes para la generación de energía, dejando en segundo lugar a las energías limpias, se han tenido grandes avances en la gestión integral de los residuos sólidos, sin embargo, no se le ha dado seguimiento y se siguen enfocando en los sitios de disposición final, en lugar de establecer mecanismos para la valorización de los residuos.

Para finalizar, el análisis que brindamos en el presente capítulo muestra que aún seguimos estancados en la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, a nivel local se presentan complicaciones monetarias por la concesión y los pagos que se tiene que realizar a la empresa, y se debe fomentar la participación ciudadana, crear espacios para que la población pueda adquirir una cultura en torno a los residuos sólidos, implementar el reciclaje como una de las principales fuentes de aprovechamiento de los residuos sólidos, aquí podemos observar las deficiencias y los puntos en los que se debe trabajar.

### **Capítulo 3**

## **Residuos sólidos Urbanos: los retos de la administración pública.**

Con respecto a los residuos sólidos que se generan en casa habitación son denominados residuos sólidos urbanos, como se mencionó en el capítulo dos, el manejo, recolección, el traslado y su disposición son un servicio público que por ley debe otorgar el municipio, de ahí que tengan un carácter obligatorio y permanente, ya que son servicios indispensables para que la población tenga una vida digna, sin embargo, su gestión integral no es una tarea fácil de realizar, tiene muchas barreras, uno de las más visibles es el financiamiento para llevar a cabo los proyectos. Inclusive, se puede observar la situación en la que se encuentra nuestro país.

Además, se hizo visible que no se puede considerar a los sitios de disposición como regulados, ya que tanto la infraestructura como los procesos son deficientes, puesto que hay algunos que carecen de registro de los residuos que entran en los vertederos de basura, y otros carecen de condiciones mínimas como una cerca, por lo que es lamentable la situación en torno al manejo de los residuos visto que no sólo se carece de sitios regulados, sino que se sufre con la desinformación.

Vale la pena mencionar que en esta investigación se ha tenido una gran barrera con la información, sin embargo, lo que resulta asombroso es que SEMARNAT indique que al momento de realizar el diagnóstico de los residuos sólidos en México en el 2021 se encontró con este mismo obstáculo, porque la mayoría de los datos que pudo obtener eran de forma verbal por parte de los trabajadores de los ayuntamientos, debido a que no tenían ningún informe escrito, y la mayoría de los datos eran estimaciones obtenidas por esta institución.

Cabe añadir que estos impedimentos son uno de los mayores retos para la administración pública, por ello en los siguientes apartados se describirán las barreras para la administración pública en torno a la gestión de los residuos sólidos urbanos, de manera particular en Naucalpan, con base en la herramienta de investigación se crea una alternativa para aprovechar el vertedero de basura del ayuntamiento de Naucalpan, posteriormente se hablará de visión energética por medio de los desechos, así como las fortalezas, debilidades, amenazas

y oportunidades de los proyectos de generación de energía por medio de los residuos sólidos urbanos.

Finalmente, se pretende analizar las distintas formas en las que se pueden aprovechar los residuos y saber qué proyectos se pueden formalizar en los municipios, así como los desafíos en torno a la ejecución de energías renovables a nivel municipal.

### **3.1 Residuos sólidos un desafío para el municipio de Naucalpan, Estado de México.**

En primer lugar, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos indica que tanto el gobierno federal, como el estatal y el municipal deberán trabajar en la prevención, generación, aprovechamiento y gestión integral de los residuos conforme a lo establecido en su artículo 6, así mismo uno de los aspectos más relevantes se encuentre en el artículo 7, ya que, menciona que se deben formular los siguientes programas para la prevención:

- 1.- Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.*
- 2.- Programa Nacional para la prevención y gestión integral de los residuos de manejo especial.*
- 3.-Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados”* (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2003, pág.8).

Es decir, que el gobierno Federal será el que lleva a cabo programas para la prevención y gestión tanto de los residuos como los de manejo especial y en el caso de los rellenos sanitarios y las plantas de tratamiento si se tiene alguna falla y se llegan a contaminar los suelos, se debe remediar este daño para que no tenga más afectaciones al medio ambiente. Además, en el título segundo de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos se habla de las *“atribuciones de los tres órdenes de gobierno y coordinación entre dependencias”*(Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2003, pág.7).

En particular, los artículos 7, 8 y 9 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral (2003), se enfocan en las facultades de la Federación, así como el manejo que le debe dar a los residuos peligroso y los de manejo especial, por lo que esta información carece de relevancia para esta investigación, debido a que el análisis realizado es a nivel municipal,

aunque de manera general se hará mención, puesto que para tener un buen manejo de los residuos sólidos se requiere que trabajen en conjunto las tres órdenes de gobierno.

Vale la pena mencionar que a grandes rasgos la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos atribuye al gobierno Federal el manejo de los residuos peligrosos, el crear reglamentos y convenios con los gobiernos de las entidades federativas para poder gestionar los residuos sólidos urbanos, de manejo especial y los peligrosos, así como la generación de reglamentos y normas para el buen funcionamiento de estos.

Cabe añadir que uno de los aspectos más relevantes es que se debe:

Establecer y operar en el marco del Sistema Nacional de Protección Civil, en coordinación con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, el sistema para la prevención y control de contingencias y emergencias ambientales con la gestión de los residuos (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2003, artículo 7 fracción XIV).

Con esto se quiere decir que se deben tener planes de acción que deben estar vinculados con la protección civil en caso de contingencias ambientales que hayan sido consecuencia del mal manejo de los residuos sólidos.

Además, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos hace hincapié en la implementación de tecnología limpias, así como brindar educación ambiental a la población, concientizar a la sociedad sobre la valorización, generación y disposición final de los residuos, así como promover la participación ciudadana.

Ante ello es de suma importancia que en los temas de residuos se genere un “*registro de planes de manejo y programas para la instalación de sistemas destinados a su recolección, acopio, almacenamiento, transporte, tratamiento, valorización y disposición final*” (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2003, artículo 9 fracción VI).

Es decir, que tanto a nivel federal, estatal y municipal se debe contar con un plan de manejo, conforme a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003) se define como un instrumento para minimizar la generación y maximizar la valorización de los residuos (p.5).

Por lo tanto, se debe incentivar a la población a participar en los temas relacionados con los residuos sólidos, así como promover la educación ambiental relacionada con este tema, porque para poder lograr los objetivos de la gestión integral de los residuos se debe contar con la colaboración de todos los sectores, debido a que todos somos generadores de desechos.

Lo más importante es saber cómo los municipios trabajan en materia de residuos sólidos urbanos que son los que le competen, en este aspecto la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos dictamina lo siguiente: *“Los ayuntamientos por su parte, dictarán los bandos de policía y buen gobierno, los reglamentos circulares y disposiciones administrativas que correspondan”* (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2003, pág.13).

Asimismo, incluye en sus funciones la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los mismos, cabe añadir que el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en la fracción tercera respalda estos servicios.

Además, en el artículo 10, fracción I de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los residuos manifiesta que los municipios tienen la facultad de formular Programas Municipales para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.

Hay que señalar que se puede *“aprovechar la materia orgánica de los residuos sólidos urbanos en procesos de generación de energía”* (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2003, artículo 10 fracción III). y *“prestar, por sí o a través de gestores, el servicio público de manejo integral de los residuos sólidos urbanos”* (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2003, artículo 10 fracción IV).

Esto es en términos generales las acciones que se deben implementar a nivel municipal, como se había mencionado en el capítulo 1 los servicios de recolección, traslado y disposición final se pueden concesionar a privados para que realicen estas actividades, la administración puede elegir entre brindar o concesionar el servicio.

También, *“establecer y mantener actualizado el registro de los grandes generadores de residuos sólidos urbanos”* (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2003, artículo 10 fracción VI). Incluso, se debe *“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 estos” (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2003, artículo 10 fracción XI).*

Recapitulando, a nivel municipal se debe contar con un programa de prevención y gestión integral de los residuos y planes de manejo, utilizar los residuos orgánicos para la obtención de energía, asimismo deben emitir reglamentos en materia de residuos sólidos urbanos, y debe tener conocimiento de los grandes generadores de residuos, uno de los aspectos más relevantes es que se debe efectuar el cobro por el pago de los servicios de manejo integral, aunque una de las generalidades de los servicios públicos es su gratuidad.

Ahora bien, los ayuntamientos deben contar con planes de manejo, un programa de prevención y gestión integral de los residuos sólidos, así como reglamentos en materia de residuos sólidos.

En el caso de Naucalpan, Estado de México se regula el manejo de los residuos sólidos urbanos mediante su Reglamento de Limpieza, sin embargo, la última actualización de este documento fue en el 2009, este reglamento establece las obligaciones de los ciudadanos y el ayuntamiento, que tiene como objetivo contribuir al buen manejo de los residuos sólidos urbanos, como se observó en el capítulo 1. Inclusive, se cuenta con un Reglamento de Operación y Disposición de desechos sólidos y cuya última actualización también fue en el 2009, en este reglamento se mencionan cada una de las etapas de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, las obligaciones que tienen los comerciantes y los industriales, la forma en la que deben recolectar sus desechos y la manera en la que pueden disponer de ellos.

Cabe añadir que se utilizan términos como brigadas de recolección para llamar al personal que recolecta los residuos, y los encargados de esta etapa es el Departamento de Limpia o los concesionarios, actualmente no se cuenta con este departamento, los encargados de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos es la Coordinación de Residuos Sólidos Urbanos, de ahí la importancia de tener actualizados los reglamentos en cada administración.

Por otra parte, en el caso del transporte los conductores deben evitar que se caigan los residuos que les van entregando, no deben tenerlos fuera de la caja que los aplasta y deben

contar con número económico y teléfonos del área encargada para que la población pueda quejarse en caso de estar inconforme con este servicio, deben estar en condiciones adecuadas; se les debe dar mantenimiento.

A través de la observación que se realizó de manera directa en el predio Victoria, perteneciente al ayuntamiento de Naucalpan, se pudo ver que una gran parte de los camiones recolectores se quedan en este predio, aquí los conductores los lavan y los mantienen limpios, si se llega a descomponer un camión el Departamento de Personal, Recursos Humanos, Financieros y Materiales se encarga de solucionar este problema y los manda a reparar en los talleres que tengan disponibles o bien en talleres externos, de hecho se le entregan reportes de las actividades que se realizan, aunque este sitio tiene fuertes olores por los lixiviados que emanan de los camiones, el suelo es lodoso por lo mismo y en realidad no se realizan acciones para remediarlo.

Por último, en la disposición final se cuenta con un relleno sanitario que desde el 2006 se encuentra clausurado, gracias a la observación que se realizó se supo que este se ocupa en la clandestinidad, por lo que se sigue trabajando como si no estuviera cerrado, es decir, se siguen depositando los residuos y no se tiene un control, en toda la investigación se buscó un plan de manejo y un programa de prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos pero lo único que se pudo encontrar fueron los dos reglamentos ya mencionados.

Vale la pena mencionar que toda la información relacionada con la generación, recolección, transporte y disposición final se obtuvo del Plan de Desarrollo del 2019, el único programa que se encontró fue del Estado de México en el año del 2009, en él se menciona que el marco legal a nivel municipal en materia de residuos son los reglamentos de limpia y el bando municipal, pero que no todos cuentan con estas herramientas (p.10).

Uno de los principales retos para el municipio de Naucalpan es su planeación, porque para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos se debe tener un diagnóstico, definir objetivos y realizar acciones para poder alcanzarlos, una de las principales metas tiene que ser la valorización, concientizar a la población y que brinde un doble uso a sus productos, utilizar el reúso y el reciclaje como grandes herramientas para el manejo de los residuos.

Inclusive, entre 2019-2021 el municipio de Naucalpan contaba con 138 unidades para la recolección de los residuos y con 376 barrenderos, conforme a los establecido en el Plan de Desarrollo del 2019-2021.

La capacidad técnica para la recolección de los desechos sólidos es de 769.5 mil kg/día y como la generación de residuos sólidos por persona es de 0.65 kg/hab/día, es decir, 558.16 mil kg/día, la capacidad técnica para la limpia y recolección de basura alcanza a cubrir la demanda de este servicio (Plan de Desarrollo de Naucalpan, Estado de México, 2019, pág. 270).

Es decir, que se cubre la demanda en la etapa de la recolección con las 138 unidades se recolectan 769.5 mil kg al día y se generan 558. 16 kg al día, uno de los mayores problemas en el municipio es el sitio para disponer los residuos que conforme a lo establecido en el Plan de Desarrollo del 2019-2021:

No cuenta con un sitio de disposición final regulado y que cumpla con las normas técnicas ambientales en la materia, siendo una prioridad para el municipio, ya que las consecuencias de no contar con un lugar de disposición son muy costosas social, ambiental y políticamente (Plan de Desarrollo de Naucalpan, Estado de México, 2019, pág. 270).

Además, se ha reportado que la profundidad del relleno sanitario alcanza los 100 metros y que contiene alrededor de 4 millones de toneladas de residuos sólidos. *“Este tiradero que operó con los permisos correspondientes durante cerca de treinta años y se categoriza como sitio no gestionado de proceso anaerobio”* (Plan de Desarrollo de Naucalpan, Estado de México, 2019, pág. 270).

Mejor dicho, es un sitio que realiza un proceso en ausencia de oxígeno, uno de los mayores riesgos que pueden tener los sitios no regulados son las explosiones de los sitios de disposición final por la combinación del gas metano que producen los residuos sólidos urbanos y el oxígeno. Así como las afectaciones que tiene a la atmósfera por el metano y dióxido de carbono y la contaminación a los mantos acuíferos por los lixiviados, la fauna nociva y las enfermedades que puede desencadenar en las comunidades cercanas.

En el relleno sanitario no se depositaban todos los residuos sólidos urbanos que se generan, solo el 80% y se cree que el otro 20% termina en ríos, calles, terrenos baldíos o en los cerros. También indica que en los lugares en los que no recolectan, los privados son los encargados de recolectar y disponer afuera del municipio los residuos que se generen en la población donde ellos no ingresan.

Hay que destacar que el relleno sanitario se encuentra concesionado bajo el *“Título de Concesión SHA/SNC/C/001/2005, derivado del acuerdo modificado al Título con fecha 13 de noviembre del 2017; con la Persona moral denominada BIO MERIK SAPI de C.V”* (Plan de Desarrollo de Naucalpan, Estado de México, 2019, pág. 271).

El relleno se abrió nuevamente por medio de una concesión. Incluso, *“la cantidad de toneladas de residuos sólidos urbanos depositados en el Centro de Disposición Final es de 767.184,839 toneladas diarias en Promedio al Mes de Mayo”* (Plan de Desarrollo de Naucalpan, Estado de México, 2019, pág. 200).

Esto es lo que se depositó en el mes de mayo del 2019, y en los tres años que estuvo el gobierno de Morena no aprovecharon los residuos sólidos que eran depositados en el relleno y con la actual administración tampoco, por el trabajo de observación que se realizaba en el Ayuntamiento, la Coordinación de Residuos sólidos Urbanos no tenía un jefe directo, después de 6 meses se colocó a un responsable del área.

También, hay que tener en cuenta que *“Naucalpan genera 5.35% de las emisiones de hidrocarburos de la Ciudad de México”* (Plan de Desarrollo de Naucalpan, Estado de México, 2019, pág. 268). Además, en el caso de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se producían el 5.33%, conforme a lo establecido en el Plan de Desarrollo de Naucalpan del 2019, y para ese año se encontraba en el séptimo lugar de los municipios que generaban más emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NOX), en las emisiones de hidrocarburos se encontraba en octavo lugar.

El comercio, los automóviles y en su mayor parte las zonas industriales contribuyen a las emisiones de hidrocarburos, en los gases de efecto invernadero se encuentra el metano, el dióxido de carbono, carbón negro y el óxido nitroso, parte de ellos son emitidos por las

descargas pluviales y el relleno sanitario, de acuerdo con el Plan de Desarrollo de Naucalpan del 2019.

Uno de los objetivos de la administración de Morena en Naucalpan fue mejorar la calidad del aire y los impactos que tenían los residuos sólidos urbanos en la comunidad y aprovecharlos como energía para consumo propio, solo se vio el resultado en un proyecto que aún se encuentra en la etapa de estudio, y se encuentra en la página oficial de proyectos de México bajo el nombre Diseño, Construcción, Instalación, Operación y Mantenimiento de un Sistema de Gestión y Aprovechamiento de Residuos Orgánicos Mediante Valorización Energética en el Municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México. Incluso, sus objetivos son *“separación y valorización de los residuos inorgánicos y el aprovechamiento de los residuos orgánicos para la generación de energía eléctrica, con el objetivo de disminuir el impacto al medio ambiente y los riesgos a la población”* (Proyectos México, 2022).

Por otro lado, cuenta con informes que evalúan los beneficios que tendrá para el clima, los impactos ambientales, el mercado eléctrico y un estudio de la composición de los residuos sólidos en la estación de transferencia que tiene el municipio. Actualmente se encuentra en etapa de estudios y preinversión, se espera que para el año 2024 se comience la operación y el monto de inversión que se tiene estimado es de 1,139, 800,000.

Lo cierto es que para este tipo de proyecto se debe contar con el programa de prevención y gestión integral de los residuos sólidos urbanos que sirve para que el gobierno federal pueda brindar presupuesto a los proyectos relacionados en materia de los residuos sólidos urbanos, sin embargo, Naucalpan no cuenta con uno y ya tiene un proyecto de inversión vigente para el manejo de la fracción orgánica de los RSU, que resulta cuestionable porque el único plan de manejo que se puede encontrar es del Estado de México, aunque para este bosquejo los privados hicieron un diagnóstico de los beneficios que tendrá para el aire, suelo y el impacto energético, pero son estimaciones.

Así pues, en el diagnóstico para el clima, se colocan los beneficios que van a adquirir al tener un digestor anaeróbico.

Se evaluaron dos escenarios: un escenario de límite inferior en el que se envían 300 toneladas de residuos orgánicos al digestor cada día y un escenario de límite superior

en el que 400 toneladas de residuos orgánicos se desvían cada día (*La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [EPA], 2018, p.6*).

En este apartado se indica que Naucalpan cuenta con una estación de transferencias, en el que se separan algunos de los residuos, sin embargo, no se menciona este sitio en los planes de desarrollo del 2019 ni el del 2022.

Ahora bien, conforme a lo establecido en Beneficios Climáticos de la Valorización Energética de Residuos Orgánicos en Naucalpan, México (2018), se utilizan cuadrillas para la recolección de residuos, ellos realizan una separación informal y para el año 2018 se depositaban 500 mil residuos sólidos urbanos en el relleno sanitario, aunque tampoco lo clasifican como un sitio controlado al 100%.

Naucalpan planea usar el biogás que resulta para generar electricidad en una planta de cogeneración de calor y electricidad (CHP) que se ubicará en la misma área que el digestor anaerobio (DA).” Una parte de la electricidad se utilizará para satisfacer la demanda energética del digestor anaerobio, y la porción restante se inyectará a la red eléctrica nacional (La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2018, pág. 12).

Es decir, que uno de los objetivos de este proyecto es la obtención de energía por medio del biogás que produce la fracción orgánica de los residuos sólidos, al hacerlo se van a conseguir beneficios adicionales como la disminución de los gases de efecto invernadero, la electricidad que se va a obtener se utilizará para la red pública, autoabastece al propio municipio y sobre todo a la planta.

Teniendo en cuenta las emisiones de metano y dióxido de carbono, el proyecto “*ayudaría a que la ciudad evite emisiones de aproximadamente 1.07 a 1.43 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a lo largo de los 20 años de vida del proyecto*” (La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2018, pág. 20).

En otras palabras, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (2018) indica que esto representa del 20 al 30% de las emisiones por parte de los vertederos de basura. Además, uno de los mayores beneficios que tendrá es el siguiente:

Una generación de electricidad bruta de 17,200 a 22,900 MWh por año. Con base en la información proporcionada por Naucalpan, suponemos de manera conservadora que el 12 por ciento de la electricidad bruta se usará para alimentar la planta de separación, el DA, y la planta CHP (La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2018, pág. 21).

Este proyecto va a tener grandes beneficios climáticos, y en el subsuelo porque ya no se tendrá que cuidar los lixiviados que hay en los rellenos sanitarios por las lluvias y la contaminación que puede tener en las aguas subterráneas, así como los impactos a la atmósfera y la disminución del gasto en el alumbrado público, se deben considerar los costos porque no solo se va a tener un digestor sino una planta de separación y otra para la obtención de la energía, adicional se debe conseguir camiones para que se puedan recolectar los residuos de manera separada y se debe enseñar a la población a separar sus residuos.

Con el fin de que se pueda aprovechar el biogás que se genera en el relleno sanitario que se tiene en Naucalpan y para que no se inicie un nuevo proyecto sino que se regule el sitio de disposición, se realizó una estimación de biogás que sirve para validar todo el metano que no se está utilizando y llega a la atmósfera sin sumarles los contaminantes que genera la zona industrial, comercios y el transporte, todo esto con la finalidad de concientizar a la administración y la población, se explicará a detalle en el siguiente apartado.

### **3.2 Estimación de biogás en Naucalpan, Estado de México.**

El relleno sanitario de Tepatlaxco que se encuentra en el municipio de Naucalpan realiza el proceso en ausencia de oxígeno, el gas que emana de los residuos es conocido como biogás, se explicó en el capítulo 1 que *“el biogás es un combustible natural, no fósil, de alto poder calorífico dependiente del contenido de gas metano (CH<sub>4</sub>)”* (Aqualimpia,2017).

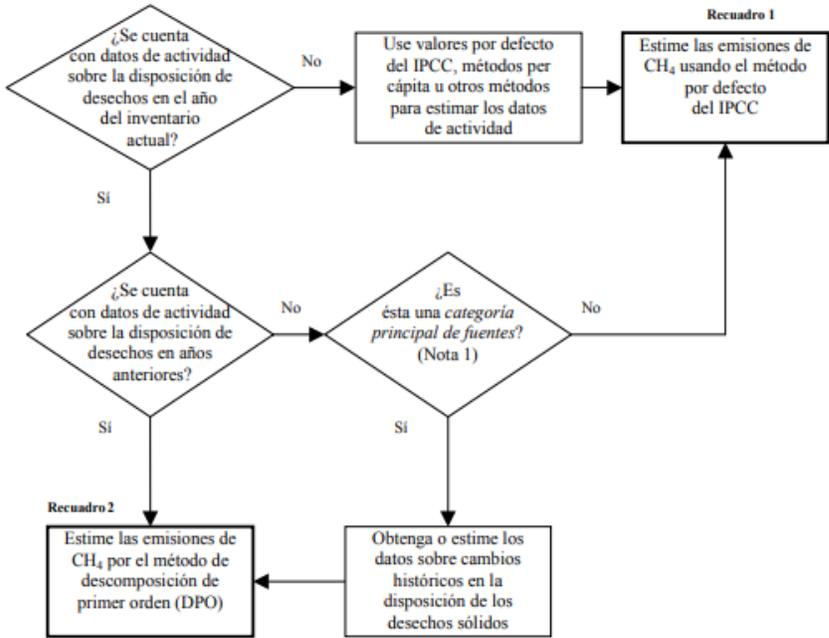
Considerando lo anterior , se pueden realizar estimaciones del biogás que se produce en los vertederos de basura para validar su poder calórico, con el fin de que el municipio pueda generar su propia electricidad, aunque es importante mencionar que no siempre se hace uso del biogás, ya que se pueden realizar procesos sin recuperación de energía, puesto que el hecho de no considerarlo como recurso energético no significa que no se deba tomar alguna acción al respecto, ya que si no se tiene ningún control se contribuye al cambio climático.

Por tanto, se buscó obtener una estimación del biogás que se puede producir en el municipio, sin embargo, no se obtuvo información reciente del vertedero, por ello se siguieron las indicaciones que brinda el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para los vertederos que no tiene información, y se encuentran en la ilustración 13.

**Ilustración 13**

*Árbol de decisión sobre las emisiones de metano.*

**Figura 5.1** **Árbol de decisiones aplicable a las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de los vertederos de residuos sólidos**



**Nota 1:** Una categoría principal de fuentes es una categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario nacional porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de gases de efecto invernadero directo de un país en lo que se refiere al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones, o ambas cosas. (Véase la sección 7.2, “Determinación de las principales categorías de fuentes”, del capítulo 7, “Elección de la metodología y realización de nuevos cálculos”).

Fuente: Tomado de Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, s.f.

Esto quiere decir que, si no se tiene datos de las actividades que se realizan o un inventario, se puede realizar una ecuación con valores que da por defecto el manual del IPCC para hacer una estimación correcta, en el caso de Naucalpan no se tiene datos actuales, ni un inventario de los residuos sólidos urbanos que entran en el relleno sanitario, por consiguiente, se utilizó el método por defecto-nivel 1 que se define en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de CH}_4 \text{ (GG/año)} = [(\text{RSU}_T \times \text{RSUF} \times \text{LO}) - \text{R}] (1 - \text{OX})$$

RSUT: cantidad total de residuos sólidos urbanos generados (GG/año).

RSUF: fracción de residuos sólidos urbanos eliminados en los vertederos.

LO: potencial de metano ( $FCM \times COD \times CODF \times F \times 16/12$ ).

FCM: factor de corrección de metano.

COD: carbón orgánico degradable.

CODF: fracción de COD no asimilada.

F: fracción por volumen de  $CH_4$  en el vertedero.

R:  $CH_4$  recuperado tiene un valor de 0.

OX: factor de oxidación.

Es decir, que para obtener las emisiones de metano que se generan al año en el vertedero de basura se debe saber la cantidad de residuos sólidos urbanos que son generados, así como los que se depositan en el relleno sanitario, los demás conceptos los da por defecto la ecuación, en el caso del potencial del metano se debe conocer los porcentajes de los residuos que los componen. A continuación, se describe a detalle la sustitución de valores de la ecuación:

En primer lugar, para los primeros valores de la ecuación que son los residuos sólidos urbanos totales ( $RSU_T$ ), se obtuvo información del Plan de Desarrollo del 2019 que estipula que se generan 825 toneladas al día, al año se estarían produciendo 301,125 toneladas, cabe añadir que son estimaciones, ahora esta cantidad se debe convertir en gigagramos (GG) que da como resultado 301.25.

En segundo lugar, los residuos sólidos urbanos que son eliminados en el relleno sanitario  $RSU_F$ , el Plan de Desarrollo del 2019 indica que para el 2018 eran depositados 13 mil toneladas al año, que en gigagramos representa 130 al año, se estipula que sólo el 80% de los residuos sólidos urbanos que son generados se depositan en sitios controlados. En tercer lugar, se encuentra el potencial de metano (LO), que se obtiene de la siguiente manera:

## LO: POTENCIAL DE METANO (FCM X COD X CODF X F X 16/12)

Es decir, el potencial de metano sirve para tener una noción del metano que se genera en el relleno sanitario, porque el IPCC cree que se produce más metano en un vertedero regulado que en uno clandestino. A continuación, se muestra a detalle la forma en la que se clasifican los rellenos sanitarios y el factor de corrección de metano (FCM) que tienen.

### Ilustración 14

#### Factores de FCM

CUADRO 5.1  
CLASIFICACIÓN DE LOS VRS Y FACTORES DE CORRECCIÓN PARA EL METANO

| Tipo de vertedero                                      | Valores por defecto del factor de corrección para el metano (FCM) |
|--|---|
| Controlados <sup>a</sup>                               | 1,0   |
| No controlados – profundos ( $\geq 5$ m de desechos)   | 0,8   |
| No controlados – poco profundos ( $< 5$ m de desechos) | 0,4   |
| VRS no incluidos en ninguna categoría <sup>b</sup>     | 0,6   |

<sup>a</sup> En los VRS controlados debe haber un sistema de disposición controlada de los desechos (es decir, zonas específicas para depositar los desechos, cierto grado de control de la recolección de basuras y algunas medidas de control de los incendios) y debe utilizarse alguno de los siguientes elementos: material de cobertura, compactado mecánico o nivelación de los desechos.

<sup>b</sup> El valor por defecto de 0,6 para los VRS no incluidos en ninguna categoría puede resultar inapropiado para los países en desarrollo que tengan un alto porcentaje de vertederos no controlados de poca profundidad, ya que probablemente ello conducirá a sobreestimar las emisiones. Por lo tanto, se exhorta a los organismos encargados de los inventarios en los países en desarrollo a que utilicen como FCM el valor de 0,4, a menos que cuenten con datos documentados que indiquen la existencia en sus respectivos países de prácticas de control de los vertederos.

Fuente: Manual de Referencia de las *Directrices del IPCC*.

Fuente: Tomado de orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero por IPCC, s.f., p. 9.

Mejor dicho, dependiendo de la capacidad y el control que se tenga de los residuos se puede obtener el factor de corrección para el metano, en el caso de Naucalpan el relleno sanitario de Rincón Verde alcanza una profundidad de hasta 100 metros, con esto se puede inferir que el valor por defecto del factor de corrección para el metano es de 0.8, aunque se está considerando que es un sitio no controlado porque se encuentra clausurado. Ahora bien, la fórmula para obtener el potencial de metano, está constituida por el factor de corrección de metano que ya se obtuvo, por consiguiente se tiene que obtener COD que “es

*el carbono orgánico que puede ser objeto de descomposición bioquímica” (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, s.f, pág. 9).*

En la siguiente imagen, se describe el proceso para obtener el COD:

#### **Ilustración 14**

*Ecuación por defecto para el COD.*

|   |
|---|
| <p><b>ECUACIÓN 5.4</b></p> $\text{COD} = (0,4 \bullet A) + (0,17 \bullet B) + (0,15 \bullet C) + (0,3 \bullet D)$ |
|---|

donde:

- A = la fracción de RSU compuesta de papel y textiles
- B = la fracción de RSU formada por desechos de jardín, desechos de parques u otros elementos orgánicos putrescibles, excluidos los alimentos
- C = la fracción de RSU compuesta de restos de alimentos
- D = la fracción de RSU compuesta de madera o paja

Nota: Tomado de orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero por IPCC, s.f., p. 9.

En otras palabras, el COD se obtiene al multiplicar la fracción de papel y textiles, desechos de parques o de jardín, restos de alimentos y madera, cada uno de estos valores se multiplica con una cantidad que da por defecto la ecuación.

Y los datos que se obtuvieron fueron por el diagnóstico que se realizó para el proyecto que se encuentra en pausa, así pues, el resultado de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos como el papel y los textiles (A), al multiplicar por 0.4 da como resultado 0.49. Para los desechos de jardín o los orgánicos que no sean alimentos (B) al multiplicarlo con 0.17 da 0.194. Los restos de comida (C) al multiplicar con 0.15 da 0.309 y por último los restos de madera o paja (D) que al multiplicarlo por 0.3 da 0.098, la suma da un total de 0.30473, se pueden considerar como buenos resultados, pero todavía se tiene que obtener más datos.

También para obtener el potencial de metano (Lo) se debe tener el valor de COD<sub>F</sub> que “*es estimación de la fracción de carbono que en definitiva se degrada y libera en los vertederos*” (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, s.f., pág. 10). Inclusive el IPCC lo da por defecto y es de 0.77, así como la fracción de metano (F) que es de 0.55 y la gigagramos de metano y de los desechos que es de 16/12.

Recapitulando, para obtener el potencial de metano (Lo) se tuvo que sacar el factor de corrección de metano y una estimación del carbono que se puede degradar de manera bioquímica, el carbono total que se produce, la fracción de metano, y se obtuvo en gigagramos el valor del metano y los desechos, al sustituir cada valor, el potencial de metano es de 0.1251, a continuación, se deja un paso a paso de la sustitución de valores.

$$Lo = FCM \times COD \times CODF \times F \times 16/12$$

$$Lo = (0.8) (=0.30473) (0.77) (0.5) (16/12)$$

$$Lo = 0.1251 \text{ GG}$$

Lo cual nos permite avanzar en la ecuación general y suplir con datos reales como se puede observar a continuación:

$$\underline{RSUT = 301.125 \text{ GG/año}}$$

$$\underline{RSUF = 130 \text{ GG/año}}$$

$$\underline{Lo = 0.1251 \text{ GG}}$$

$$\underline{R = 0}$$

$$\underline{FCM = 1.0}$$

$$\underline{COD = 0.30473}$$

$$\underline{CODF = 0.77} \text{ (Datos que brinda la IPCC)}$$

$$\underline{F = 0.5} \text{ (Datos que brinda la IPCC)}$$

$\underline{OX = 0}$  (Datos que brinda la IPCC, es el factor de oxidación, el metano que se suele oxidar en el suelo)

$$\text{Emisiones de CH}_4 \text{ (GG/año)} = [(RSUT \times RSUF \times LO) - R] (1 - OX)$$

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \underline{4897.19 \text{ GG/año}}$$

Por consiguiente, las emisiones de metano al año en el municipio son de 4897.29 GG, es importante recalcar que es una estimación que se obtuvo con los pocos datos que se pudieron encontrar del relleno de Rincón Verde, conforme a lo establecido en el Plan de Desarrollo

del 2019, asimismo el IPCC indica que estos datos pueden variar dependiendo de los desechos que se producen al año y la forma en la que son tratados. Lamentablemente no se pudo obtener el poder calórico de esta estimación de metano porque los datos deben estar en otra unidad de medida distinta a la de gigagramos, y como no se pueden obtener todos los datos del relleno sanitario no se pudo generar, pero, de manera general:

Un m<sup>3</sup> biogás que se aprovecha en un generador de energía eléctrica es suficiente para generar un estimado de 2,2 kWh de electricidad. La producción de electricidad depende considerablemente de la eficiencia de los equipos que se utilizan para el aprovechamiento del biogás (Aqualimpia, 2017).

Dicho de otra manera un metro cúbico de biogás puede generar 2,2 kilovatios por hora (kwh), este representa *“una unidad de medida utilizada para contabilizar el consumo eléctrico realizado en un período de tiempo”* (Bru, 2022). Esto es, la potencia eléctrica que se puede obtener del biogás, no se pudo obtener por metro cúbico, no se puede tener el poder calórico. Ahora bien, en el siguiente apartado se mencionan las diversas formas de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos pero con una recuperación de energía para el ayuntamiento de Naucalpan, así como las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que se tienen al implementar este tipo de proyectos en el ámbito municipal.

### **3.3 Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos: una visión energética**

Existen diversas formas de aprovechar los residuos sólidos, estas pueden ser desde el reúso, reciclaje, compostaje, plantas de incineración, aprovechamiento de biogás de los rellenos sanitario, así como el de los residuos orgánicos, este primer apartado definirá cada una de ellas y se analizará la viabilidad que tiene su aplicación en el ayuntamiento de Naucalpan, Estado de México.

Para empezar el reúso se puede definir de la siguiente manera: *“consiste en reusar los materiales para la misma aplicación o para una distinta, sin tener que hacer modificaciones mayores”* (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 8). Es decir, que en el reúso no se modifican los productos, puede que no tengan

el mismo uso que antes, pero en estos artículos no inicia un nuevo proceso, como en el caso del reciclaje, que se considera como *“el proceso mediante el cual los productos de desecho son recolectados, transformados y nuevamente introducidos al ciclo de producción”*. (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 8).

Esto quiere decir que con el reciclaje se inicia un ciclo de producción porque se hace uso de la energía, materias primas para transformar el producto a uno nuevo, por consiguiente, surge el concepto economía circular, a partir de la que se busca ser una sociedad más resiliente y tiene como objetivo la valorización de los productos. Ahora bien, la economía circular *“otorga al residuo un papel dominante y se sustenta en la reutilización inteligente del desperdicio”*. (Lett, 2014, pág. 2) Asimismo, Leet (2014) menciona que los residuos pierden esta condición y se convierten en materia prima que se utiliza para crear nuevos productos, por lo que se inicia en un proceso cíclico. Uno de los grandes beneficios es que se gasta menos en la adquisición de materiales y en el uso de energía, tiene como objetivo *“crecimiento de la economía con sustentabilidad ambiental”* (Lett, 2014, pág. 2).

Es importante señalar que con el reciclaje se trata de valorizar los productos y darle otro uso, cabe añadir que con las plantas de tratamiento se puede generar más empleo porque se necesita de personal que pueda separar los residuos sólidos urbanos, de hecho, la pepena es una forma de aprovechamiento de residuos de manera informal, y en México una gran parte de los residuos son aprovechados de esta forma.

Cabe añadir que una de las ventajas del reciclaje conforme a lo establecido en la guía de generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos (2012) son las siguientes:

- Se dejan de utilizar los espacios para implementar rellenos sanitarios o las plantas de incineración.
- Se ahorra la energía, se disminuyen los gases de efecto invernadero de las fábricas que producen la materia prima.
- Se disminuyen los impactos a los recursos naturales.

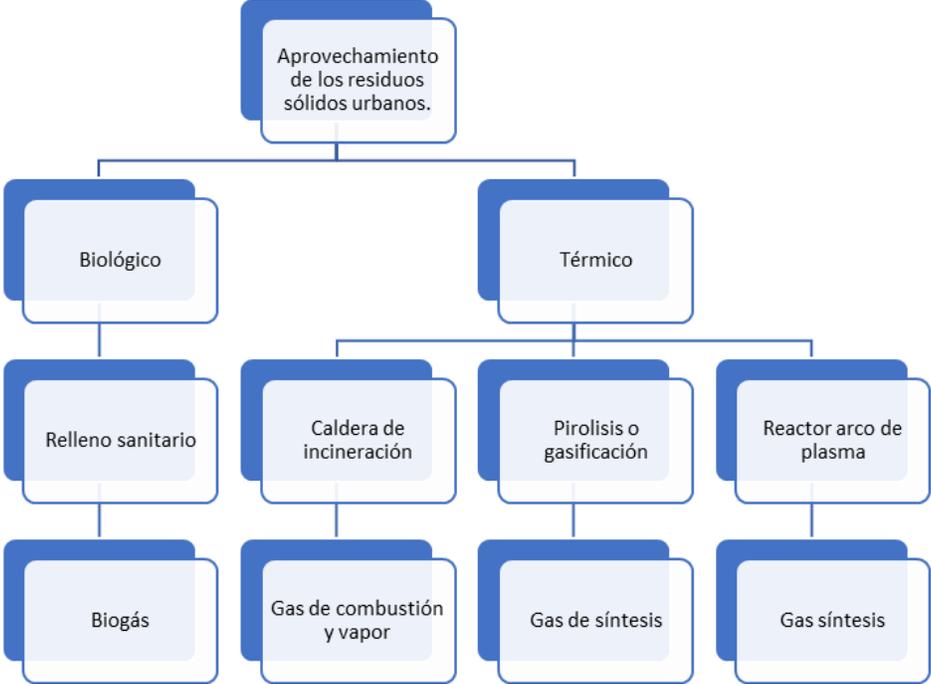
Por otra parte, el compostaje como otra forma viable para el aprovechamiento de los residuos sólidos, en este caso *“se utiliza la fracción orgánica de los residuos (FOR), este proceso se realiza por medio de la digestión aerobia, es decir, que se realiza en presencia de oxígeno”*

(Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 10). Hay que destacar que se debe separar la basura desde su origen para poder utilizarlo, asimismo existe otro procedimiento para la FOR que es la digestión anaerobia “se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, ambos dan como resultado composta y biogás”(Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 10).

Existen dos formas de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos: uno es el proceso biológico, son los casos que vimos con anterioridad y el otro es el proceso térmico. También es conocido como “Waste-to-Energy (WTE) es el término en inglés que se emplea para los procesos en los que se obtiene energía eléctrica o térmica a través del tratamiento térmico (combustión principalmente) de los RSU” (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 10).

**Ilustración 15**

*Formas de aprovechamiento energético de residuos.*



Fuente: Elaboración propia conforme a lo establecido en la guía de generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos por la Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Energías Eléctricas, 2020, (p.24).

Se puede obtener energía térmica por medio de tres formas, una son las plantas de incineración, pirólisis o gasificación y reactor de plasma, la diferencia de cada uno será la *“generación de electricidad o vapor como producto final”* (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012).

Además, cada uno se realiza de distinta manera y solo con el biogás o el vapor se puede obtener electricidad. La incineración de los residuos sólidos urbanos es uno de los que más se utiliza en países de primer mundo porque es muy rápido, *“la planta se compone de una serie de equipos para transformar el potencial calórico de los RSU en energía eléctrica y reducir su volumen a menos del 10% en forma de cenizas”* (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 25).

Además, en estas plantas se puede realizar esta transformación de dos formas, la guía de generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos (2012) indica que está la *mass burn*, en esta se reciben los residuos sólidos urbanos, así como los descarga el camión de la basura, mientras que en la segunda se realiza un proceso de separación y clasificación de los residuos sólidos urbanos para que puedan ser utilizados para el reciclaje, este se llama *refuse-derived fuel*, es conocido como RDF.

En primer lugar, *“la caldera de incineración mass burn es la tecnología más madura para la conversión de RSU y por lo tanto la más común, empleada dentro de las grandes plantas que recuperan energía en el mundo”* (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 25).

A continuación, se describe a detalle este proceso de incineración, para ello se utilizó un diagrama con los procesos de una planta que se puede ver en la ilustración 16.

## **Ilustración 16**

*Conversión térmica mass burn.*



Fuente: Elaboración propia conforme a lo establecido en la guía de generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos por la Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Energías Eléctricas, 2020, (p.26).

Hay que tener en cuenta que en las plantas de incineración se lleva a cabo un proceso de combustión, “es el proceso mediante el cual se produce la quema de cualquier sustancia, ya sea gaseosa, líquida o sólida. En este proceso, el combustible se oxida y desprende calor” (Ambientum, 2022).

Los camiones recolectores depositan los residuos sólidos urbanos en la zona de descarga, “primero son transportados los residuos a su sitio de disposición, como están húmedos se dejan siete días para que se vuelvan uniformes, se mueven constantemente, los mueve una palanca que se encuentra arriba” (Hans Chen, 2019, 2m42s).

Posteriormente, se utiliza una grúa para alimentar la parrilla, y primero se secan los residuos, hay que recalcar un aspecto importante, lo que ocurre en la caldera es “un proceso de combustión fisicoquímico<sup>15</sup> con una reacción exotérmica<sup>16</sup>, quiere decir que es una reacción química que produce calor” (ResCoBa Residuos: Conceptos Básicos, 2018,0m08s).

<sup>15</sup> Proceso químico de oxidación que produce calor y luz.

<sup>16</sup> Reacción que libera energía

También, la Guía de Generación de Electricidad Mediante Residuos Sólidos Urbanos (2012), informa que la parrilla debe ser móvil porque se exponen a temperaturas de 850 grados Celsius, para que puedan ser incinerados. El tiempo es menor a una hora, se utilizan chorros de aire por debajo de la parrilla para poder acelerar el proceso de combustión de los residuos sólidos orgánicos.

La idea central como lo indica el Instituto de Energías Eléctricas (2020) se basa en la Ley de Lavoisier en la que indica que la materia no se destruye solo se transforma, es decir, los residuos son incinerados hasta quedar en cenizas, este proceso genera vapor, el cual se produce porque la caldera tiene paredes que contienen tuberías de agua, estas al momento de calentarse se transforman en vapor que se utiliza para el turbogenerador, además por la quema de los residuos se produce una serie de gases que pasan por un filtro para quitar las impurezas y que no tengan grandes afectaciones a la atmósfera. (p.26)

Hay que destacar que, para obtener energía, se llevan a cabo tres procesos en la planta de incineración, el primero se refiere a la incineración de los residuos sólidos urbanos por medio de la caldera, mismo que ya se explicó de manera detallada en los párrafos anteriores.

Ahora bien, el segundo proceso es el que se realiza en los turbogeneradores, *que “son máquinas desarrolladas para aplicaciones en centrales termoeléctricas”* (Abán, 2020), que se observa en la lustración 17 que representa un turbogenerador.

### **Ilustración 17**

*Turbogenerador.*



Fuente: Tomado de Láminas y aceros. [Fotografía], 2020. Láminas y aceros (<https://blog.laminasyaceros.com/blog/qu%C3%A9-son-los-turbogeneradores>).

El turbogenerador cuenta con álabes, como se puede observar en la ilustración 18, éstos son palas curvas que realizan el proceso más importante, ya que, el vapor las hace girar y por medio de esto se produce la electricidad. Inclusive, *"la temperatura del vapor disminuye a medida que fluye a través de los álabes"* (AeroEnergía, 2020).

### **Ilustración 18**

*Turbogenerador por dentro*



Fuente: Tomado de Láminas y aceros. [Fotografía], 2020. Láminas y aceros (<https://blog.laminasyaceros.com/blog/qu%C3%A9-son-los-turbogeneradores>).

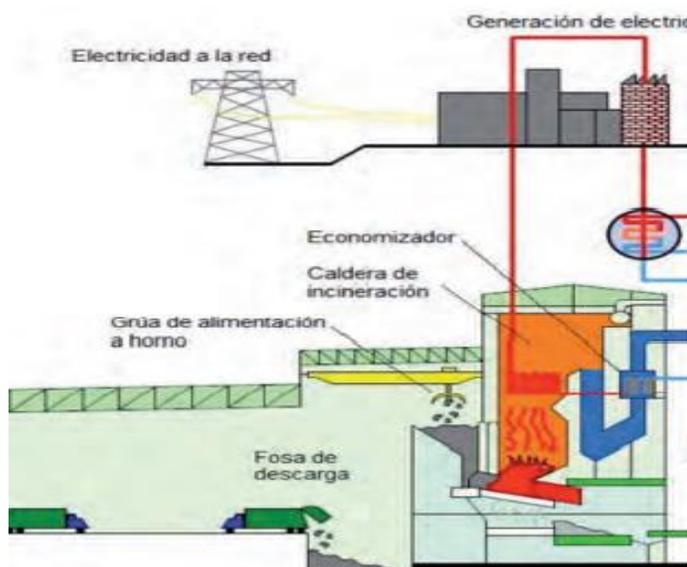
AeroEnergía (2020) indica que se debe mantener constante la turbina de vapor, ya que la producción de electricidad es directamente proporcional a la velocidad del generador, por ello se debe mantener estable, asimismo se mencionan diversos mecanismos para realizar esta acción como el flujo del vapor, en el que si va demasiado rápido se cierra la tubería que

transporta el vapor y si va demasiado lento se abre, esta segunda etapa se representa de la siguiente manera en la planta de incineración.

Este es el proceso de generación de energía por medio de una caldera, como se puede observar en la ilustración 19, el vapor resultante pasa al economizador o turbogenerador.

### Ilustración 19

*Segunda etapa: generación de energía.*



Fuente: Tomado de la guía de generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos por la Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Energías Eléctricas, 2020, (p.26).

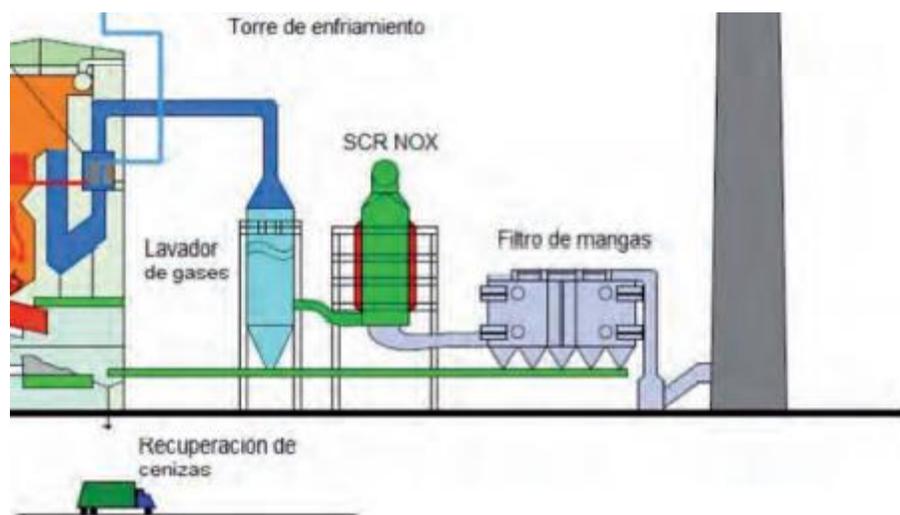
Como consecuencia de la quema de residuos se obtienen gases de combustión que son los óxidos de nitrógeno (NOX), se pueden definir como *“una mezcla de gases compuestos de nitrógeno y oxígeno. El monóxido de nitrógeno y el dióxido de nitrógeno constituyen dos de los óxidos de nitrógeno más importantes toxicológicamente”* (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

La lluvia ácida nieve o neblina es una consecuencia de estos óxidos de nitrógeno, estos no solo se producen por la quema de caldera, sino por los coches, ellos también los generan, *“reaccionan con el oxígeno del aire y el vapor de agua y se transforman en ácidos que transporta la lluvia”* (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

De ahí que la lluvia ácida, afecta los cultivos y contamina los mantos acuíferos, acabando con cientos de árboles y especies marinas. También por el proceso de combustión se emiten dioxinas y furanos<sup>17</sup> estos son tóxicos para el ser humano y puede producir enfermedades respiratorias. Tanto los óxidos de nitrógeno, dioxinas y furanos pasan filtros antes de ser liberados en la atmósfera, esta es el tercer proceso la limpieza de los gases.

## Ilustración 20

*Tercer proceso: Purificación de gases.*



Fuente: Tomado de la guía de generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos por la Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Energías Eléctricas, 2020, (p.26)

Es decir, que se pasa por un lavador de gases que se encarga de quitar una parte de la toxicidad, después pasa por un SCR NOX<sup>18</sup>, como se ha dicho antes NOX es igual a óxidos de nitrógeno, mientras que el SCR “*es un medio de conversión de los óxidos de nitrógeno (NOX) en agua y nitrógeno (sin los óxidos)*” (Adblue, 2017).

La guía de generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos (2020) menciona que el sistema de SCR tiene sólo una efectividad del 90%. Una vez que pasan por esta parte son liberados a la atmósfera por medio de la chimenea como se puede percibir en la ilustración 9 y se explica de manera detallada en el siguiente párrafo:

<sup>17</sup> Compuesto químico con más contamina al medio ambiente.

<sup>18</sup> Es un proceso para disminuir los óxidos de nitrógeno que se generan.

Cuando los RSU se incineran se producen cenizas volantes y cenizas de fondo. Las cenizas volantes son material particulado muy ligero que viaja con la corriente de gases y puede colectarse en diferentes etapas de la caldera o en el sistema de filtros de manga. Las cenizas de fondo se componen de cenizas pesadas que se quedan en la parte inferior del horno y que se extraen mediante un sistema continuo de recolección (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 27).

Es decir, la planta de incineración libera los gases que ya no tienen tantos contaminantes y que siguen afectando a la atmósfera, pero en menor cantidad. Además, produce escorias como las cenizas volantes y de fondo como se explica en el párrafo anterior las volátiles son partículas que se liberan en la quema de residuos por medio de los filtros de la caldera como el cadmio y el plomo que provocan enfermedades respiratorias, los de fondo son pesados que se quedan en la parte baja cuando se terminan de quemar, estos son como piedras y se puede utilizar como *“material base de carreteras o de construcción. Asimismo, pueden ser sujetas a procesos de recuperación de materiales como hierro y aluminio”* (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012).

Además, la generación eléctrica es proporcional a la cantidad de residuos que se reciben en la planta, como se ha dicho antes, existen dos tipos, una que no separa los residuos que es la *mass burn*, de esta se detalló cada paso, la otra hace lo mismo, la única diferencia es que separan los residuos y se busca reciclarlos, es cierto que la electricidad que se genera es menor a la de las plantas que utilizan fuentes fósiles pero sus impactos son mucho menores también.

Por otra parte, la gasificación y pirólisis son otros dos procesos térmicos para la recuperación de energía por medio de los residuos sólidos urbanos, el primero se puede definir como; *“el calentamiento de los RSU para producir un gas de síntesis”* (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 27).

Es decir, que se va a realizar el mismo paso que en la incineración, los residuos sólidos se van a incinerar en una caldera, sin embargo, este proceso se realiza con pequeñas cantidades de oxígeno, no con un exceso de aire como en el caso de la incineración, esta es una de sus

principales diferencias, la otra es que el producto final, en el caso de la gasificación, es el gas de síntesis que “*consiste en hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y otros compuestos*” (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012).

Este compuesto se debe transformar para que pueda ser utilizado como combustible. Conforme a lo establecido en la Guía de Generación de Electricidad Mediante Residuos Sólidos Urbanos (2012), el combustible que se produce sirve para el calentamiento de la caldera, así como el de las turbinas, entonces sería para la misma planta, por ello recomiendan realizar este proceso junto con la incineración, así el vapor que se produce de la quema de residuos sirve para producir electricidad, mientras que el gas de síntesis alimenta con la caldera y la turbina, un dato importante es que el poder calórico de este gas es similar al del gas natural, que representa el 7.4 MJ/Nm<sup>19</sup>3 y 18.6 MJ/Nm<sup>3</sup>.

Por otra parte, en el caso de la pirólisis se lleva el mismo proceso, la única diferencia en ambos es que se realiza en ausencia de oxígeno para que el proceso de combustión de los residuos sólidos se genere más rápido, en ambos casos se obtiene un gas de síntesis.

Como residuales del reactor se obtienen metales en trozos, escoria vitrificada (con baja lixiviación y estable) y concentrados metálicos derivados de la ceniza secundaria. En el esquema presentado, la caldera es muy similar a la de incineración, con la diferencia de que se emplea una concentración muy baja de oxígeno (Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas, 2012, pág. 28).

Esto quiere decir que la escoria es el segundo producto que se obtiene en cada uno de los procesos térmicos, en este caso se obtienen metales en trozo y la escoria vitrificada es similar a una piedra negra, es importante señalar que no se menciona en ninguna parte las acciones que se pueden realizar con las escorias, una de sus grandes debilidades son estos subproductos, y el hecho de que estos procedimientos no se han realizado en grande escala, a esto le agregamos que son bastante costosos.

Los beneficios que puede dejar la gasificación son la obtención de mayor energía, además de que se reducen los gases de combustión que son de efecto invernadero, y es más fácil tener

---

<sup>19</sup> Mj es una unidad para medir la energía y el Nm es una unidad para medir la fuerza

electricidad que con otros procesos y aunque no necesitamos de un gran espacio como es el caso de los rellenos sanitarios es sumamente costoso para el municipio, y sobre todo este tipo de proyectos aún no se ha implementado a gran escala, hay que considerar que diario se producen grandes cantidades de residuos sólidos urbanos, no podemos implementar este tipo de proyectos si no han tenido resultados a gran escala, ya que, no se puede invertir a prueba y error, porque son recursos públicos y debemos rendir cuentas a la población.

Para terminar los procesos térmicos, se mencionará la gasificación con arco plasma, ante todo, el plasma se puede definir como "*Un estado parecido al gas, pero compuesto por átomos ionizados*<sup>20</sup>, donde los electrones<sup>21</sup> circulan libremente. Calentando un gas se puede obtener plasma" (Flores, 2021).

Contamos con cuatro estados de la materia, el primero es sólido, para poder representarlo mejor Ing. Jaime Mora Meléndez del Instituto Tecnológico de Costa Rica lo ejemplifica de la siguiente manera, se tiene un cubo de hielo que representa el primer estado de la materia que es el sólido, este cuando se deja afuera del refrigerador se comienza a derretir, aquí pasamos al segundo estado que es el líquido, pero si se calienta se convierte en gas, entonces, ¿cuál es la diferencia de un gas y un plasma?, si forman parte de un gas.

Puede decirse que la materia está compuesta de átomos estos a su vez tienen electrones, en cada etapa de la materia Ing. Jaime Mora Meléndez explica que los átomos dejan de estar juntos, al inicio no se pueden mover porque están muy compactos, y en cada estado de la materia se pueden mover más, cuando son un gas se vuelven más volátiles los átomos, para ser plasma primero debe ser gas, la diferencia radica cuando al gas se le comienza a dotar de energía, y si esto sucede los electrones se comienzan a salir del átomo, como resultado tenemos un conjunto de electrones con energía en un mismo lugar, y debido a esto se puede obtener el plasma.

Hay dos tipos de plasma el térmico y no térmico, aunque primero se debe entender que los electrones se componen de un núcleo, en el caso de plasma térmico el núcleo

---

<sup>20</sup> Los átomos son las partículas más pequeñas de una sustancia, y estar ionizados significa que están cargados eléctricamente por una falta o exceso de electrones.

<sup>21</sup> Rodea al núcleo del átomo y su movimiento produce una corriente eléctrica, es una subpartícula.

se encuentra con una misma energía, y es por ello que al contacto con otro material lo pueden transformar, sin embargo, el plasma no térmico o frío, tiene menor energía en el núcleo y por ello, no puede transformar el material con el que entra en contacto (CMC Costa Rica, 2018, 2m40s).

El proceso que se realiza, es el siguiente, el Ing. Jaime Mora Meléndez del Instituto Tecnológico de Costa Rica en su presentación que realiza sobre la nueva forma del reciclaje, denota lo siguiente, en primer lugar los residuos deben ser triturados, no es necesario separarlos, así como los recolectan, los pueden depositar, una vez que estén triturados entran en un reactor, este va hacer que el proceso del plasma sea más efectivo, dentro de él, van a estar dos antorchas de plasma que van a tener más de 115 mil grados Celsius.

Estas antorchas van a transformar estos residuos en otra materia, aquí no se realiza un proceso de combustión como en los otros procesos porque no se van a quemar los residuos sólidos urbanos, sino que van a dotar a las moléculas de los desechos de energía para que puedan convertirse en plasma, este es un proceso cíclico, de esta acción se van a obtener tres subproductos, el primero es el gas sintético, el segundo es la escoria y la tercera energía eléctrica.

El gas sintético se compone de hidrógeno, dióxido y monóxido de carbono que son gases de efecto invernadero, todos contribuyen al cambio climático, por consiguiente Ing. nos da una solución, se ha mencionado anteriormente que para convertir alguna cosa en plasma debe ser un gas, este elemento se encuentran en este estado, entonces se pueden utilizar para convertirlo en plasma, por ello se indica que el proceso parece un bucle, donde cualquier cosa se puede convertir en plasma mientras esté en estado gaseoso.

Asimismo, se puede ingresar a la planta turbogeneradores para que se pueda obtener electricidad por medio de las turbinas, para ello se tendría que pasar por un filtro a los gases para que no dañe la maquinaria, en este aspecto el proceso es igual que en la planta de incineración.

Además, con la escoria que se obtiene que es parecida a una roca se puede utilizar en la construcción.

Por su parte, la guía de generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos (2012)

indica que al igual que los procesos anteriores se obtiene un gas de síntesis o sintético, la forma en la que se obtiene es algo compleja, ya que, esta tecnología es reciente y solo se ha aplicado en países como Japón.

Este proceso puede tener grandes rendimientos, porque el gas de síntesis que se obtiene se puede convertir en plasma, y todos los subproductos pueden ser utilizados para la misma planta, y los beneficios son mayores que en los otros procesos, pero no hay que olvidar que es un proyecto que se debe implementar desde una visión pública, los recursos con los que se cuenta a nivel municipal no permiten que se puedan implementar este tipo de planes debido a los altos costos.

En la tabla 8 se puede observar de manera concreta las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de los tres procesos de conversión:

**Tabla 8**

*FODA de los procesos de conversión (incineración, pirólisis o gasificación y arco plasma).*

| <b>Procesos de conversión</b> | <b>Incineración</b>  | <b>Pirólisis y Gasificación</b>   | <b>Arco plasma</b>   |
|-------------------------------|--|---|--|
| Fortalezas                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Se pueden incinerar los RSU así como los deposita el camión recolector o se separan y se realiza un proceso donde se obtiene energía y se recicla.</li> <li>-Sólo queda un 10% de los residuos que ingresan en forma de ceniza.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Poder calorífico del gas de síntesis es de 7.4 MJ/Nm<sup>3</sup>, que representa una parte del gas natural</li> <li>-Reducir los volúmenes de gases de combustión</li> <li>-Es un proceso más rápido y se obtiene mayor energía que en un relleno sanitario.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-No se tienen que separar los residuos.</li> <li>-Se puede obtener mayor energía.</li> <li>-El gas de sintético sirve para obtener energía cuando se enfría.</li> <li>-Se puede obtener plasma de cualquier material</li> </ul> |

|               |   |  |  |
|---------------|---|--|--|
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Es un proceso más rápido y se obtiene mayor energía que en un relleno sanitario.</li> <li>-No produce malos olores.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-No produce malos olores.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>no genera gases de combustión,</li> <li>-Es un proceso más rápido y se obtiene mayor energía que en un relleno sanitario.</li> <li>-No produce malos olores</li> </ul>                              |
| Oportunidades | <ul style="list-style-type: none"> <li>-El resultado de la quema de residuos es la ceniza pesada, con esto se pueden hacer ladrillos que se pueden utilizar para la construcción, serían ladrillos negros.</li> <li>-Reciclaje</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-El gas de síntesis puede utilizarse para las calderas o turbinas.</li> <li>-Se puede obtener combustibles con el mismo gas.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-El gas de síntesis puede utilizarse para las calderas o turbinas</li> <li>-Generan menos impactos al medio ambiente, el gas de síntesis se puede utilizar para obtener plasma y energía</li> </ul> |
| Debilidades   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Emisiones de dioxinas y furanos, así como los óxidos de nitrógeno.</li> <li>-Cenizas volantes</li> <li>-Es mucho más caro que implementar un relleno sanitario</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>-El gas de síntesis tiene una recuperación química en lugar de energético, se lleva a cabo un proceso adicional para poder hacerlo combustible</li> <li>-Como residuales se obtienen metales en trozo.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Este proyecto sólo se ha implementado en países de primer mundo.</li> <li>-Los recursos.</li> <li>-Contar con un reactor para realizar el proceso y obtener las antorchas de plasma</li> </ul>     |

|          |  |   |  |
|----------|--|---|--|
|          |  |   |  |
| Amenazas | -La efectividad del proceso de limpieza de gases es sólo del 90% | -Problemas técnicos para implementarse a mayor escala | -Planeación, implementación y el presupuesto |

Fuente: Elaboración propia.

Las fortalezas que pueden tener para el municipio son bastantes, pero de los tres procesos el que tiene un mayor beneficio es la gasificación por arco plasma, debido a que no se obtienen gases de combustión, en los tres procesos se obtiene gas sintético o de síntesis se utiliza para las calderas o para obtener plasma, es importante señalar que en todos los procesos se va a obtener una escoria, en la incineración se obtiene ceniza que se puede utilizar para hacer ladrillos negros para pavimentar, y se realiza una combustión que da como resultado gases que son purificados pero al final salen a la atmósfera, y siguen teniendo pequeños impactos al medio ambiente, en la gasificación y pirolisis, se obtiene un gas de síntesis, que a diferencia de la incineración, este gas no se puede utilizar para obtener energía a menos que se realice un proceso químico. Incluso, se puede utilizar como combustible para las calderas, se recomienda que la gasificación y la incineración se realizan juntos y, por último, la gasificación por arco plasma es una tecnología nueva que sólo se ha implementado en países altamente industrializados como Japón, este proceso es sumamente complejo, para que se pueda realizar de manera correcta se tendrá que contar con personal capacitado, invertir en un reactor y las antorchas de plasma para que puedan realizar el proceso, esto es complicado y por ello se debe contar con las herramientas necesarias.

Para finalizar, los recursos públicos son menores a los privados, por ello el presupuesto que se tiene no permite implementar este tipo de ideas y darle una solución rápida a la disposición de residuos, sale mucho más barato tener un vertedero de basura, hay que hacer hincapié que cada proceso tiene sus pros y contras, como todo proceso de energías limpias, va a tener impactos al ecosistema, pero van a ser menores si se implementan de manera correcta, por ello de manera general se realiza un análisis FODA de los dos procesos de conversión.

**Tabla 9***FODA de los procesos para recuperar energía por medio de los RSU.*

|                    | <b>Proceso de conversión biológico por medio del biogás del relleno sanitario</b>  | <b>Proceso térmico</b>  |
|--------------------|--|---|
| <b>Fortalezas.</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Contar con un sitio de disposición final.</li> <li>-De acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal, en el año 2019 los camiones recolectores tenían una eficacia del 98%.</li> <li>-La mayoría de los residuos sólidos son depositados en el relleno sanitario, se contempla que un 80% se disponen de manera correcta.</li> <li>-Es el proceso más barato.</li> <li>-No se deben separar los residuos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>El proceso de degradación es rápido, aproximadamente tarda 5 minutos.</li> <li>-Países europeos como Japón y Alemania lo realizan porque es más eficiente, la maquinaria que se utiliza capta el humo para generar electricidad y las cenizas para no afectar al medio ambiente y los rellenos sanitarios serían una segunda opción.</li> <li>-Se evita el riesgo de malos olores, contaminar ríos por los lixiviados que produce el relleno sanitario, así como la fauna nociva por el mal mantenimiento.</li> <li>-El poder calórico es mayor al del relleno sanitario.</li> <li>-No es necesario separar los residuos sólidos.</li> </ul> |

|                              |  |  |
|------------------------------|--|--|
| <p><b>Oportunidades.</b></p> | <p>La energía obtenida puede contribuir al suministro eléctrico del municipio.</p> <p>Disminuir la contaminación en el agua, aire y suelo.</p> <p>-Tener mayor ingreso porque se podría vender la electricidad obtenida a privados.</p> <p>-Se estaría cumpliendo uno de los objetivos de la Agenda 2030 al disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.</p> <p>-Tener un control de los residuos desde la recolección, implementando programas de separación de la basura para poder reciclar.</p> | <p>-El producto final de los procesos de conversión puede ser gas o electricidad, ambos pueden ser utilizados para alimentar la planta de tratamiento.</p> <p>-Tener más electricidad porque con este proceso se obtiene más, “<i>es capaz de producir 10 veces más electricidad que la puede producir el relleno sanitario</i>” (Romo, 2015).</p> <p>-Los subproductos de los procesos de conversión se pueden utilizar para pavimentación de calles.</p> |
| <p><b>Debilidades.</b></p>   | <p>-Manejo inadecuado del relleno sanitario</p> <p>-No hay programas que incentiven las energías limpias.</p> <p>-El financiamiento</p> <p>-Las empresas concesionarias</p>  | <p>Se quiere más financiamiento, este proceso requiere de mucha inversión.</p> <p>Se tendría que invertir en una planta de incineración.</p> <p>-El tiempo que se pierde en el trámite para formalizar estos proyectos.</p>  |

|                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
|                         | <p>-El tiempo que se pierde en el trámite para formalizar estos proyectos.</p> <p>-Se estima que un 20% de los residuos sólidos son destinados a barrancas o ríos.</p> <p>-Existen camiones recolectores que destinan los residuos fuera del municipio.</p> <p>-Tardan más en degradar los residuos sólidos municipales.</p> <p>-Se carece de un inventario del manejo del relleno sanitario, no hay datos actuales.</p>        |   |
| <p><b>Amenazas.</b></p> | <p>La falta de mantenimiento en el relleno sanitario tiene como consecuencia la clausura.</p> <p>-La reforma energética del 2021-2022 quita el autoabastecimiento para privados y termina afectando a la implementación de energías limpias porque se busca que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) pueda abastecer a la mayoría de la población, haciendo a un lado esta contribución al medio ambiente, ya que, las</p> | <p>- Las cenizas que se producen al finalizar el proceso, los óxidos de nitrógeno que se pueden liberar.</p> <p>- En algunos procesos de conversión se requiere que los residuos estén separados desde su origen.</p> <p>- Algunos de los proyectos aún se encuentran en desarrollo y no se han implementado a gran escala.</p> <p>-La reforma energética del 2021-2022 quito el autoabastecimiento para privados y termina afectando a la implementación de energías</p> |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  | energías renovables disminuyen el uso de los combustibles fósiles, mientras que la CFE utiliza este recurso para obtener electricidad | limpias porque se busca que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) pueda abastecer a la mayoría de la población, haciendo a un lado esta contribución al medio ambiente, ya que, las energías renovables disminuyen el uso de los combustibles fósiles, mientras que la CFE utiliza este recurso para obtener electricidad. |
|--|---|--|

Fuente: Elaboración propia.

Es decir, que la opción más viable para Naucalpan es regular el vertedero de basura, invertir en mejorar el sitio de disposición que se tiene en Tepatlaxco, debido a que en la mayoría de los procesos térmicos no se han generado a gran escala, solo la planta de incineración, pero para poder implementarla se debería tener contemplado un lugar y un sitio de transferencia para que los camiones no pierdan tiempo en sus recorridos y puedan seguir con una eficiencia del 98%. Estos sitios son puntos medios en los que los camiones recolectores depositan los residuos cuando los sitios de disposición final se encuentran a grandes distancias para que no pierdan tiempo depositándolos y se pueda aprovechar para la recolección de los residuos.

Ahora bien, estos dos aspectos generan gastos para el ayuntamiento porque se tendría que invertir en dos sitios, y aunque se pueden generar empleos temporales, se necesitaría de una gran inversión, considerando que la planta de incineración no separa los residuos sólidos urbanos porque si lo hiciera se tendría que contar con otra planta de tratamiento, aunque se pueden contar con programas de inversión por parte de la federación, Naucalpan no tiene los planes de manejo para poder solicitarlos. Finalmente el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos es indispensable considerando las afectaciones que tiene a nuestro entorno, pero se requiere de compromiso

por parte de los servidores públicos y la población, los residuos se producen a diario, crear planes de manejo y valorizarlo debe ser el principal objetivo de la administración.

### **3.4 Barreras en la transformación de basura a energía en Naucalpan, Estado de México.**

En primer lugar, una de primeras barreras para el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos es el presupuesto, pero quiero hacer hincapié en el hecho de que *“tradicionalmente la gestión de residuos se ha considerado un problema ingenieril”* (A, André, & Cerda, 2006).

Y este es uno de nuestros principales puntos en esta investigación porque la gestión de residuos sólidos urbanos es un proceso que tiene una relación económica y política, no solo es un problema que las ingenierías deban atender, se necesita la multidisciplina en este ámbito, por ello se analizarán las barreras que se tiene a nivel municipal y de manera particular en Naucalpan.

Ahora bien, el primer enfoque que se tiene en el ámbito económico es el *“posconsumo de la gestión de RSU, que consiste en tomar como dada la cantidad y composición de residuos generados y establecer la combinación más apropiada de métodos para su tratamiento”* (A, André, & Cerda, 2006).

Este enfoque se basa en las acciones que se generan cuando se desechan los productos, atacarlos desde la disposición final por ello menciona que se debe saber la cantidad de residuos que se generan para depositarlos en sitios controlados, en el ámbito municipal el posconsumo es donde más se focalizan porque no se realizan acciones para concientizar a la población a valorar los productos, ni hay una separación de los residuos que se generan en casa habitación, en primera porque no se cuentan con camiones especializados para recolectar por separado, no hay participación ciudadana, no se generan actividades que puedan involucrar a toda la comunidad y solo se concentran en el centro, olvidándose de las periferias.

Cabe recalcar que el municipio de Naucalpan, en el Estado de México se focaliza en este aspecto, pero no cuenta con un buen tratamiento de residuos, por ello tiene varios tiraderos de cielo abierto y el relleno sanitario con el que cuenta está clausurado, en realidad no tiene

regulado sus sitios de disposición final, pero con el proyecto que sigue activo se piensa en darle un apropiado método a la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

Por otra parte, se encuentra el enfoque *“pre-consumo, según la cual las acciones necesarias para la correcta gestión de los residuos empiezan en las fases de producción y comercialización de los bienes de consumo”* (A, André, & Cerda, 2006).

Los productos que se comienzan a generar deben tener los rasgos necesarios para degradarse en el medio ambiente, al crearlos se piensa en su volumen y composición, estas acciones se implementan de manera nacional en las grandes empresas, algunas comienzan a crear bienes amigables con el medio ambiente, y este enfoque no se puede realizar en el ámbito municipal, a menos que se creen normas o reglas para los dueños de las fábricas del parque industrial porque son los que más generan dioxinas, furanos, grandes cantidades de dióxido de carbono y no tienen sanciones por la contaminación al aire, tampoco van a cambiar sus procesos de producción para que las mercancías que produzcan tengan menos impactos al medio ambiente, la mayoría son fábricas de plásticos o textiles.

Por el contrario, el posconsumo se acopla a las necesidades de los municipios, y en los vertederos, tienen tres representaciones económicas en la población, conforme a la Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas (2006), el primero es porque se tiene una imagen negativa de los sitios de disposición final por los fuertes olores que se pueden percibir, la fauna nociva y la contaminación al agua por las filtraciones que puedan existir, asimismo se debe considerar la venta de viviendas, debido a que se venden a menor precios por estar cerca de estos sitios, aunque la norma establece que deben tener una distancia de 500m del relleno.

También, está el aspecto socio-político, este sucede cuando llegan y desalojan a la población que se encontraba o se llegan a pequeños acuerdo para que se vendan sus tierras y puedan abrir un relleno sanitario, en la mayoría de veces no se les paga bien y al final se llegan a tener conflictos porque la comunidad que toma las propuesta se queda sin hogar.

Por otro lado, se tiene la inversión que se pueda generar para implementar este tipo de proyectos. *“Los vertederos se pueden entender como recursos naturales agotables”* (A,

André, & Cerda, 2006) y aunque se consideren agotables por el tiempo de vida que tienen que son de aproximadamente 20 años, siempre es posible abrir otro.

Por el contrario, la implementación de plantas de incineración representa una gran barrera por los costos de inversión, y aunque los residuos pueden ser pulverizados en cuestión de segundos y es más fácil obtener electricidad, se necesita contar con un gran presupuesto o con privados que puedan invertir.

Puede decirse que con el reciclaje pasa lo mismo, se requieren plantas de tratamiento, camiones especiales o rellenos sanitarios en los que se puedan separar solo la fracción orgánica para producir biogás, incluso se necesitan botes de basura en los que se pueda depositar, botellas, latas, papel, residuos orgánicos e inorgánicos, en el Estado de México no se manejan ese tipo de botes, en su mayoría los botes que se tienen en las calles, centros comerciales o establecimiento no tienen esta división, mucho menos la población separa sus residuos.

Por consiguiente, enseñarle a la comunidad a valorar sus productos es costoso porque tienes que llevar a un experto en educación ambiental, debe tener difusión, es decir propaganda y dotarlos de herramientas para poder realizar las actividades de manera correcta y lo que menos se tiene son recursos.

Vale la pena mencionar, que *“frecuentemente, el modo de financiar la gestión de residuos consiste en que las administraciones públicas recogen las basuras sin ningún coste directo para los ciudadanos en función de la cantidad recogida”* (A, André, & Cerda, 2006)

Esto es que los ciudadanos no pagan por la recolección, traslado y disposición, son considerados como servicios públicos que se deben brindar por parte de los municipios de manera gratuita, una de las grandes propuestas que no solo se han mencionado con André y Cerda, es que se pague por la cantidad de residuos que se producen, dar la indicación de que solo se recolecta con bolsas negras y que al dar más de dos se te agrega algún impuesto o costo adicional, para que la población comience a tomar acciones para no pagar y que pueden encontrarle otro uso a sus productos, ellos buscan que el que contamine pague.

En caso de que se implemente, se tendría que hacer modificaciones en el marco jurídico de los residuos sólidos urbanos, que tomaría tiempo y es muy probable que no se quiere pagar,

solo producirá descontento social que complicaría la gestión de los residuos sólidos urbanos porque la población podría tomar otras alternativas como tirar en baldíos, ríos o quemarlos, entonces aumentarían los tiraderos a cielo abierto y los impactos al medio ambiente.

En cada proceso de aprovechamiento de residuos sólidos urbanos, se va a tener una barrera, no solo económica sino política y social, se requiere de la participación de todos y del ayuntamiento, antes de iniciar un proyecto se debe consultar con la comunidad para no llegar a desacuerdos que desencadenen problemas sociales que producen impactos en nuestra economía.

Además, uno de los retos más importantes es la desinformación en torno a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, su manejo a grandes rasgos es una incógnita, ya que no se tienen datos concretos, aunque se menciona que deben contar con bitácoras, no están, y para solicitar información de manera particular se necesita realizar un proceso administrativo, la investigación en torno a este tema desencadena hechos violentos, debido al trabajo de observación realizado en el ayuntamiento se me indicó que dejará de investigar porque todo se llevaba a cabo de manera clandestina, que unas chicas acudieron al relleno sanitario a tomar fotos y les destrozaron el celular y que se las habían llevado en una camioneta...

Cabe señalar que no solo yo me he encontrado con estas barreras, la SEMARNAT también las menciona en su reporte del 2020, a nivel nacional el manejo de residuos sólidos es irregular tanto en nivel federal, estatal y municipal, crear campañas de concientización y de reciclaje es una de las tareas más importantes para la actual administración, porque el consumismo no cesa sino porque cada día se van generando más residuos, que el primordial problema es la disposición cuando se tendría que enfocar en la generación y valorización de los productos.

Incluso, el ámbito que más llega a afectar es el económico por el presupuesto que se autoriza para el manejo de los residuos sólidos urbanos y en caso de solicitar algún apoyo, se debe contar con un programa, aunque en el caso de Naucalpan no fue así, tiene un proyecto en pausa, y esto suele pasar con el cambio de administración, se deja de ser constante y se comienza a dar prioridad a otras problemáticas, uno de los grandes dificultades en el nivel municipal, no únicamente para los residuos sólidos urbanos sino para todos los servicios.

Por último, se encuentra la participación ciudadana, ya que para que un objetivo puede tener grandes resultados se necesita de trabajo en equipo, se necesitan espacios para concientizar y fomentar esta participación y que no se quede en zonas residenciales, que pueda llegar a las periferias, un claro ejemplo de la actual administración, es el fomento de campañas de reciclaje que viene estipulado en el artículo 74 del bando municipal del 2022, en este aspecto el ayuntamiento tiene una página donde indican las campañas y su difusión se encuentra en sus redes sociales pero solo 1,554 personas siguen la página, cuando la población es de 844 219 personas, ni una cuarta parte está enterada de estas actividades que se realizan en la zona residencial de Satélite en el parque Naucalli.

Esto es porque la mayoría de la ciudadanía no confía en los presidentes, ni en su forma de gobierno, pues la historia ha demostrado muchas veces, gobiernos corruptos que agotan los recursos públicos para beneficios privados y por una falta de democracia, ya que los representantes suelen ser los mismos o familiares de presidentes que ya gobernaron, no existe una verdadera representación ciudadana, debido a esto la mayoría de las personas no se involucra en el ámbito político.

## **Conclusiones.**

Una de las evidencias más significativas es la estimación de biogás, ya que, con esto se puede tener una estimación de cuantos gases de efecto invernadero se emiten, aunque no se obtiene su poder calórico por la falta de información, esta estimación permite visualizar de manera tangible todo el biogás que no se está utilizando y otro de los puntos más relevantes para esta investigación es la poca información que se tiene del manejo de los residuos sólidos urbanos porque la mayoría de la información que se pudo obtener fue del Plan de Desarrollo del ayuntamiento, así como información de palabra por medio de comentarios que se pudieron obtener en la estadía de servicio social en el ayuntamiento de Naucalpan, Estado de México.

Cabe recalcar que la SEMARNAT cuando empiece a realizar el diagnóstico de los residuos sólidos urbanos en 2020 se da cuenta de que la mayoría de la información es brindada en los ayuntamientos, pero no se encuentran bitácoras o programas que lleven un control, esto da como resultado que los sitios de disposición final no se pueden considerar como regulados porque la mayoría tiene grandes deficiencias.

También es de suma importancia la valorización, este es uno de los conceptos más importantes en torno a la gestión integral de los residuos sólidos, ya que se ha enfocado en los sitios de disposición y en que se debe hacer cuando ya se tienen los residuos, pero lo que va a determinar la cantidad de desechos que se producen es el momento en el que consideramos que un producto ya no es útil, de está la forma la valorización juega un papel importante y en el ámbito municipal se puede utilizar para disminuir la cantidad de residuos que produce la población, el primer paso es concientizar a la población a que pueda darle un segundo uso a los productos, y esto va relacionado con el reúso y reciclaje.

Por consiguiente, estos tres aspectos son notables porque el primero menciona todo lo que el ayuntamiento de Naucalpan podría utilizar como autoconsumo o para el alumbrado público, su gestión es posible porque es parte de los servicios públicos, sin embargo no se pueden generar grandes proyectos porque no hay información concreta de los sitios de disposición final y esto no brinda las herramientas para que la población pueda ser más consciente de los residuos que se producen y se disponen a diario. Hay que crear políticas de prevención, la valorización juega un papel importante al darles un doble uso para que se disminuyan los

desechos que se producen a diario porque los residuos no cesan, siguen aumentando mientras la población sigue creciendo.

La hipótesis se cumple porque el manejo adecuado de los residuos sólidos permite aprovechar los vertederos de basura para la generación de energía, es una de las distintas formas porque el aprovechamiento puede iniciar desde su generación, pero si no se realizan acciones en torno a esta primera fase, lo mejor es disponerlos de manera controlada para obtener electricidad o gas que pueda servir para el funcionamiento de los vertederos de basura o para el ayuntamiento. Funcionan, pero no para Naucalpan.

Algunos de los hallazgos de la investigación que se pudieron obtener de manera oral del ayuntamiento es que la administración pasada creó un sitio de transferencia que cumplía la función de sitio de disposición final, ya que el relleno sanitario se había clausurado, de esta forma los residuos se quedaban en la estación de transferencia porque no se contaba con un sitio de disposición final. Actualmente se añadieron otras celdas al relleno sanitario, es decir, que se sigue utilizando el mismo, pero con otras celdas, y supuestamente está regulado.

Además, se tuvo la oportunidad de acudir al relleno sanitario porque laboro en el ayuntamiento, pude ir a visitarlo con la encargada del despacho de residuos sólidos urbanos, y me di cuenta de que no está regulado, en realidad es un tiradero de cielo abierto, puesto que no se cubren los desechos que se depositan a diario, como se pueden observar en las imágenes del Anexo 1. En las ilustraciones que se colocan en el anexo se puede observar las condiciones en las que se encuentra el relleno sanitario de Naucalpan, Estado de México.

Ahora bien, se puede determinar que no es un relleno sanitario porque no compacta la basura, la laguna de lixiviados tiene una geomembrana rota porque la tierra se ve húmeda, es decir, que ya contaminaron los mantos acuíferos, adicionalmente está a punto de derramarse, cerca del relleno tienen ganado y hay un lienzo charro, depositan residuos de manejo especial como concreto que también está al aire libre, solo se realiza la quema del biogás y actualmente se está solicitando una recirculación de lixiviados porque está muy llena la laguna, se tiene otra que está clausurada pero solo se le está echando tierra encima para cubrir esa laguna, no hay una regulación y aunque está administración lo intenta, como está concesionado, las condiciones son difíciles con la empresa porque no realiza ninguna acción que se le solicite por parte del ayuntamiento.

Por otra parte, los residuos sólidos urbanos son uno de los mayores retos de la administración pública porque siempre hay consumo y es importante señalar que no se debe desechar por desechar, sino que debe ser de manera consciente, por consiguiente el ayuntamiento, de manera particular la Dirección General de Servicios Públicos, debe crear campañas para enseñar a la población a diferenciar los residuos que sí se pueden aprovechar sin pasar por otro proceso o cuáles se pueden aprovechar de otra forma, ya sea entrando a otro ciclo para que se generen nuevos productos, que se aprendan las diversas formas de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos.

Lo más importante en el aprovechamiento de residuos es el reciclaje y educar a la población para que pueda separar los residuos, ya que la generación y el almacenamiento son una de las primeras etapas del manejo de los residuos sólidos urbanos, y con esto se da apertura a la segunda etapa del manejo de los residuos sólidos que es la recolección, comúnmente los residuos son depositados en bolsas, costales o botes, lo que se recomienda es que sea en botes o costales que se pueden volver a utilizar, en este aspecto la población deberá dividir los desechos en orgánicos e inorgánicos que a su vez tendrían que dividirse en; plásticos, latas, vidrio, papel o cartón, para que se les pueda dar otra función.

Cabe mencionar que se genera un gasto adicional para el ayuntamiento porque se deben comprar camiones que puedan recolectar por separado, si no se tendría que implementar horarios para recolectar cada uno de los residuos, lo que provoca que se gaste más en combustible, como no hay suficientes recursos, la administración pública administra desde la escasez y como dato adicional se deben brindar comprobaciones de la gasolina, indicar en qué se gastó y si desea más brindar un buen motivo, ya que en algunas ocasiones se puede considerar que se le está brindando un mal uso y son gastos que debe cubrir el municipio con el presupuesto, y no solo se puede enfocar en este servicio sino en todos, debido que las necesidades son ilimitadas pero los recursos no lo son.

También se debe considerar el sitio en el que se va a disponer porque si solo se separan y no se depositan en un lugar establecido para su aprovechamiento no servirá que la población realice todas estas acciones, pero son gastos adicionales para los ayuntamientos contar con plantas de tratamiento, con los residuos orgánicos se pueden colocar en un digestor para que se pueda obtener el biogás que se produce y con esto obtener electricidad o utilizarlos para

el compostaje, actualmente no se tiene una planta que cumpla con estas funciones, no obstante, la administración de MORENA consideró este tipo de aprovechamiento, por ello generó un proyecto para utilizar este recurso, sin embargo, se encuentra en revisión desde el 2018.

A pesar de los grandes beneficios que puede tener este proyecto, no se puede implementar porque en primer lugar se debe tener un buen manejo de los residuos sólidos urbanos, administrar de manera correcta no solo los residuos, sino los recursos que tiene el ayuntamiento, en estas investigaciones se pudo visibilizar la falta de información que hay a nivel municipal porque no se tienen bitácoras, no hay registros, en muchos casos no tienen ni cercas y que no hay participación ciudadana.

Por otra parte, uno de los mayores desafíos que se tuvo al realizar la investigación fue la falta de información, ya que no se cuenta con un programa de gestión integral de los residuos, los pocos datos que se obtuvieron fueron por el Plan de Desarrollo que se realizó en 2019

Asimismo, la desinformación no solo existe a nivel municipal sino que en la mayoría de las entidades federativas se tiene este problema, y resulta incongruente que los tres ámbitos de gobierno tengan como uno de sus objetivos cumplir con la Agenda 2030, si no realizan acciones para disminuir los gases de efecto invernadero, si a nivel federal se prioriza el uso de fuentes fósiles, si no previene y se enfoca en los sitios de disposición final, cuando se puede atacar esta cuestión desde su generación.

Cabe señalar que los residuos sólidos urbanos son importantes para el municipio y la comunidad porque es un servicio público, en el pasado una mala gestión de los residuos sólidos provocó enfermedades, por ello el primer acercamiento del manejo de desechos es de manera sanitaria, por el bienestar de la población, no contar con sitios de disposición final provoca fauna nociva y enfermedades a la comunidad, con el tiempo este tema comenzó a tener un enfoque ambiental porque la sociedad no deja de consumir, por ende se vive en el consumo y desecho de servicios o productos.

Por tanto, lo único que se puede hacer es valorizar cada uno de nuestros artículos, aunque los artículos están hechos para que tengan poco tiempo de vida, por ello se deben realizar acciones apropiadas para disminuir los impactos al medio que nos rodea.

El ayuntamiento debe fortalecer los servicios públicos, y una de las acciones que podría implementar para disminuir la producción de basura es cobrar, que realice un cobro por la cantidad de residuos que se desechan, para que fortalezca la valorización de los productos, sin embargo, es poco viable y se consideraría que los servicios públicos no son gratuitos, por ella está propuesta no se puede implementar.

Aunque trabajar en conjunto debe ser una prioridad para el gobierno, es la única forma en la que se puede avanzar en el tema ambiental y la mejor forma para trabajar en la administración pública, recordar que la finalidad de los servidores públicos es servir a la comunidad y no sus bolsillos.

Por último, hay que señalar que se deben cumplir con los objetivos de la Agenda 2030 para generar menos impactos al medio ambiente, por ello el tema de los residuos es tan relevante porque al aprovecharlos de manera correcta se puede mejorar la calidad del aire y suelo, por ende la vida de cada ciudadano, cuidar nuestro planeta es elemental en estos tiempos y si no se comienza puede desencadenar grandes amenazas para la humanidad.

## Anexo 1

### Ilustración 21

*Relleno Sanitario.*



Fuente: Propia

### Ilustración 22

*Relleno Sanitario*



Fuente: Propia

## **Ilustración 22**

*Laguna de Lixiviados*



Fuente: Propia

## **Ilustración 23**

*Tubo para capturar biogás*



Fuente: Propia

## Fuentes de consulta.

Admin. (3 de diciembre de 2018). *CIPA*. Obtenido de CIPA: <http://www.grupocip.com.mx/rellenos-sanitarios/>

Abán, H. (29 de agosto del 2020). *¿Qué son los turbogeneradores?*. Laminas y Aceros. <https://blog.laminasyaceros.com/blog/qu%C3%A9-son-los-turbogeneradores>

André, F & Cerda, E. 2006. *Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas*. Cuadernos Económicos de ICE. 1-22.

Antecedentes y situación actual del manejo de desechos sólidos a nivel mundial. (s.f.). En *Antecedentes y situación actual* (pág. 22).

Arvizu, & Huacuz. (2003). Biogás de rellenos sanitarios para producción de electricidad. *Boletín INEEL*, 118-123.

AeroEnergía. (2020). *Cómo funciona una turbina de vapor?*. [Archivo de vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=w0tRID8uIjI>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (6 de mayo del 2016). ToxFAQs™ - Óxidos de nitrógeno (monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, etc.) (Nitrogen Oxides). ATSDR. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts175.html#:~:text=Los%20%C3%B3xidos%20de%20nitr%C3%B3geno%20son,en%20apariciencia%20a%20temperatura%20ambiente](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html#:~:text=Los%20%C3%B3xidos%20de%20nitr%C3%B3geno%20son,en%20apariciencia%20a%20temperatura%20ambiente).

Bru, A. (2 de junio 2022). *¿Qué significa y en qué se diferencian kW y kWh?*. Gana Energía. <https://ganaenergia.com/blog/diferencia-kw-kwh/>

Centro de Estudios de Administración Municipal. (s.f). *Guías técnicas para la administración municipal*. México: Centro de Estudios de Administración Municipal.

Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. Ley Integral para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos(2003).

El ayuntamiento de Naucalpan, E. d. (1979). *Estado de México Patente n° Reglamento de limpieza*.

Flores, J. (15 de diciembre de 2022). *Plasma: el cuarto estado de la materia*. National Geographic España. <https://normas-apa.org/referencias/citar-pagina-web/>

Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2012). *Guía de usuario: generación de electricidad mediante residuos sólidos urbanos*. México: Comisión Federal de Electricidad.

Gobierno del Estado de México. (2017). *Plan de Desarrollo del Estado de México*. México: Gobierno del Estado de México.

Greenpeace. (2019). *Reciclar, la falacia de la industria en la lucha contra la contaminación plástica*. México: Greenpeace.

Gerencia de Energías Renovables del Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2012). *Guía técnica, generación eléctrica mediante residuos sólidos urbanos*. México: Comisión Federal de Electricidad.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (s.f). Desechos en IPCC (Ed.), *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. IPCC.

Hans Chen. (2019). *Western Power – Reutilización por incineración de desechos*. [Archivo de vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=2rXH7eP1nE8&t=465s>

Instituto Nacional de Ecología. (2000). Evolución de la política nacional de materiales peligrosos, residuos y actividades altamente riesgosa. En I. N. Ecología, *Logros y retos para el desarrollo sustentable* (pág. 33). México: SEMARNAT.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (15 de 11 de 2007). *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático*. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/133/situacion%20en%20mexico.html#:~:text=El%20control%20de%20los%20residuos,el%20Consejo%20Superior%20de%20Salubridad>.

Ing. Jaime Mora Meléndez. [CMC Costa Rica]. (2018). *Nueva forma de reciclaje de la basura: gasificación por plasma*. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=Wl6lg-oB0HI&t=35s>

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (2018). Evaluación de los Beneficios Climáticos Potenciales del Proyecto Manejo y Aprovechamiento de Residuos Orgánicos Mediante Valorización Energética en el Municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México. Epa. <https://www.proyectosmexico.gob.mx/wp-content/uploads/2020/03/Evaluaci%C3%B3n-de-los-Beneficios-Clim%C3%A1ticos-Potenciales-del-Proyecto-%E2%80%9CManejo-y-Aprovechamiento-de-Residuos-Org%C3%A1nicos-Mediante-Valorizaci%C3%B3n-Energ%C3%A9tica-en-el-Municipio-de-Naucalpan-de-Ju.pdf>

Leet, L. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Redalyc*. 1-2.

Moncayo, G. (2017). ¿Qué es el biogás?. *Aqualimpia Engineering*. 1-11.

Organización de las Naciones Unidas. (25 de septiembre del 2015). *La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

Presidencia de la República. (2019). *Plan nacional de desarrollo 2019-2024*. México: Gobierno de México.

Proyectos México. (2023). *Diseño, Construcción, Instalación, Operación y Mantenimiento de un Sistema de Gestión y Aprovechamiento de Residuos Orgánicos Mediante Valorización Energética en el Municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México*. [https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto\\_inversion/0853-manejo-y-aprovechamiento-de-residuos-organicos-de-naucalpan/#popme](https://www.proyectosmexico.gob.mx/proyecto_inversion/0853-manejo-y-aprovechamiento-de-residuos-organicos-de-naucalpan/#popme)

ResCoBa Residuos: Conceptos Básicos. (2018). *Incineración de residuos*. [Archivo de vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=b8Y3kHAKM7g&t=1s>

Secretaría de gobierno. (2019). *Plan de Desarrollo Municipal*. México: Dirección de Planeación e Innovación Gubernamental.

SEMARNAT. (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. México: Lucart Estudio S.A. de C.V.

SEMARNAT. (2004). *México Patente n° NOM-083-SEMARNAT-2003*.

Sites Google. (s.f.). Obtenido de Sites Google:  
<https://sites.google.com/site/rellenosani/relleno-sanitario-mecanizado>