

# **Estudio de Caracterización de Residuos: Estación de Transferencia de Naucalpan, México**

Preparado para:

**MUNICIPIO DE NAUCALPAN DE JUÁREZ, MEXICO**

17 de agosto de 2017



# **Estudio de Caracterización de Residuos: Estación de Transferencia de Naucalpan, México**

Preparado para:

**MUNICIPIO DE NAUCALPAN DE JUÁREZ, MEXICO**

Preparado por:

**AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS**  
En representación de  
**INICIATIVA DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES DE LA COALICIÓN DEL  
CLIMA Y AIRE LIMPIO**

Aistencia Técnica proporcionada bajo el contrato de EPA EP-C-13-039 por:

**ABT ASSOCIATES**  
4550 Montgomery Ave.  
Suite 800N  
Bethesda, MD 20810

**SCS ENGINEERS**  
11260 Roger Bacon Drive  
Suite 300  
Reston, VA 20190

**17 de agosto de 2017**

## Contenidos

Sección	Página
1	Resumen Ejecutivo ..... 1
2	Introducción ..... 4
3	Plan de Muestreo de los Residuos ..... 6
4	Muestreo y Clasificación de Residuos ..... 7
5	Composición de los Residuos ..... 12
	Composición en Colonias Populares ..... 12
	Composición en Colonias Residenciales ..... 15
	Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia ..... 19
6	Análisis del Potencial de Recuperación ..... 22
	Potencial de Recuperación en Colonias Populares ..... 23
	Potencial de Recuperación en las Colonias Residenciales ..... 24
	Potencial de Recuperación Global en la Estación de Transferencia ..... 25
7	Recomendaciones para la Aplicación de los Resultados del Estudio ..... 26

## Índice de Gráficas

No.	Página
Gráfica 1. Composición Global de Residuos en la Estación de Transferencia.....	2
Gráfica 2. Composición de Residuos de Colonias Populares .....	12
Gráfica 3. Composición de Residuos de Colonias Residenciales .....	16
Gráfica 4. Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia .....	19
Gráfica 5. Análisis del Potencial de Recuperación en Colonias Populares.....	23
Gráfica 6. Análisis del Potencial de Recuperación en Colonias Residenciales .....	24
Gráfica 7. Análisis del Potencial de Recuperación en la Estación de Transferencia .....	25

## Índice de Tablas

No.	Página
Tabla 1. Composición Global de Residuos en la Estación de Transferencia .....	2
Tabla 2. Área de Recolección de Residuos .....	6
Tabla 3. Categorías y Tipos de Materiales con Ejemplos.....	11
Tabla 4. Composición de los Residuos Provenientes de Colonias Populares .....	14
Tabla 5. Composición de los Residuos Provenientes de Colonias Residenciales .....	17
Tabla 6. Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia .....	20
Tabla 7. Clasificación del Tipo de Material .....	22

## 1 RESUMEN EJECUTIVO

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) apoyó al Municipio de Naucalpan en la caracterización de sus residuos, como parte de la participación de EPA en la Iniciativa de Residuos Sólidos Municipales (Iniciativa de Residuos) de la Coalición del Clima y Aire Limpio (CCAC) y la Iniciativa Mundial sobre el Metano (GMI).<sup>1</sup> El estudio de caracterización fue realizado por SCS Engineers y Abt Associates en la estación de transferencia de Naucalpan. El muestreo y clasificación se realizó del 27 al 31 de marzo de 2017. El estudio fue diseñado para proporcionar al municipio información para apoyar decisiones sobre tecnologías y programas de residuos sólidos que reducirán las emisiones y el envío de residuos hacia el relleno sanitario (por ejemplo, mediante reciclaje y recuperación de energía).

El Municipio de Naucalpan identificó dos sectores generadores a ser incluidos en este estudio: 1) Colonias Populares, y 2) Colonias Residenciales. El municipio proporcionó a los gerentes de campo de SCS los manifiestos que muestran las áreas de recolección y proporcionan los números de los camiones que recolectan los desechos en cada una de estas áreas. El personal de la ciudad indicó qué áreas de recolección eran colonias populares y residenciales.

El equipo del proyecto montó una tienda de campaña cerca de la zona donde los camiones de recolección descargan sus residuos. Los camiones fueron inspeccionados al entrar en la estación de transferencia y algunos de ellos fueron seleccionados aleatoriamente para el muestreo. De cada camión muestreado, se obtuvieron aproximadamente 90-100 kilogramos (kg) de residuos.<sup>2</sup> Después de obtener y pesar los residuos, éstos fueron llevados a la zona donde fueron clasificados. Se clasificaron 44 muestras de residuos durante un período de cinco días. De las 44 muestras, 23 se obtuvieron de áreas de recaudación de colonias populares y 21 de áreas de recaudación de colonias residenciales.<sup>3</sup> Un grupo de cuatro a seis trabajadores del municipio ayudó a clasificar manualmente cada una de las muestras.

Se desarrollaron perfiles de composición para:

- Colonias populares
- Colonias residenciales
- En conjunto (agrega los resultados de las colonias populares y residenciales)

La Gráfica 1 a continuación resume la composición general de los residuos de los materiales llevados a la estación de transferencia. La Tabla 1 proporciona un desglose más detallado de la composición de los residuos de Naucalpan. Los datos presentados en esta gráfica y tabla son los datos agregados de los perfiles de composición de las colonias populares y residenciales. Los perfiles detallados de composición de residuos para las colonias populares y

La Iniciativa de Residuos Sólidos Municipales de la Coalición para el Clima y Aire Limpio une a los gobiernos nacionales y locales, organizaciones internacionales y otros socios para reducir las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta, como el metano y el carbono negro, del sector de los residuos sólidos municipales.

Mayor información:

[www.waste.ccacoalition.org](http://www.waste.ccacoalition.org)  
[ccac\\_secretariat@unep.org](mailto:ccac_secretariat@unep.org)  
[@CCACoalition](https://www.facebook.com/ccacoalition)  
[facebook.com/ccacoalition](https://www.facebook.com/ccacoalition)

<sup>1</sup> Este estudio se llevó a cabo bajo el número de contrato EPA EP-C-13-039, Trabajo No. 3-53.

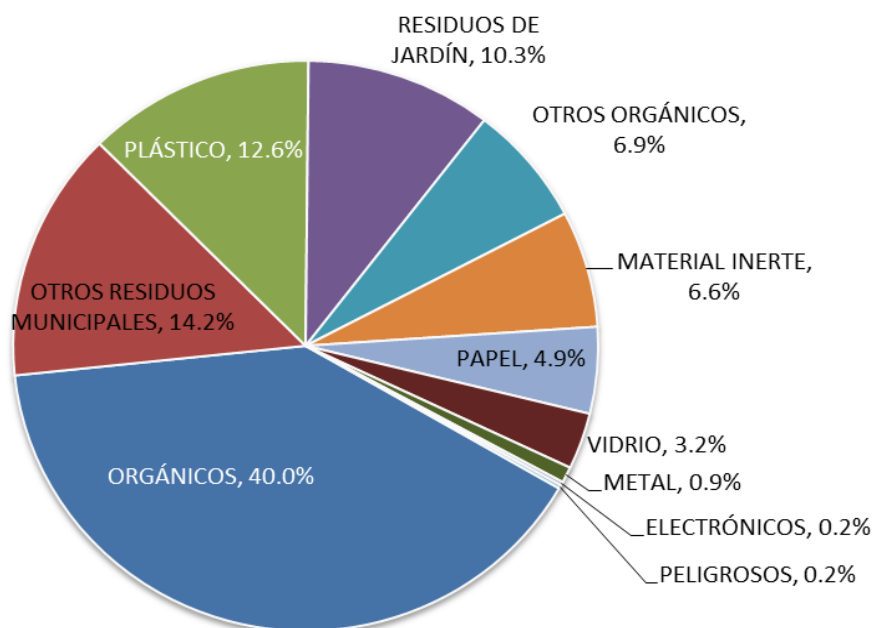
<sup>2</sup> La Norma Mexicana NMX-AA-022-1985 establece un peso mínimo de 50 kg para cada muestra.

<sup>3</sup> No se pudo identificar si una de las muestras provenía de colonias populares o residenciales. El peso de esta muestra estaba por debajo del intervalo deseado de 90-100 kg. Por lo tanto, los datos de esta muestra no se incluyen en los resultados.



residenciales se incluyen posteriormente en este informe. Los métodos utilizados para realizar el estudio de caracterización de residuos en Naucalpan siguieron prácticas estándar de la industria para realizar estudios similares.

**Gráfica 1. Composición Global de Residuos en la Estación de Transferencia**



**Tabla 1. Composición Global de Residuos en la Estación de Transferencia**

Componentes de material	Composición	Desviación	Límites de Confianza del 90%	
	Media	Estándar	Inferior	Superior
<b>Papel</b>				
Periódico/impresos	0.5%	0.4%	0.4%	0.6%
Cartón corrugado	0.2%	0.5%	<0.1%	0.3%
Papel reciclable	3.1%	1.5%	2.7%	3.5%
Contenedores encerados	1.2%	0.6%	1.1%	1.3%
<b>Total Papel</b>	<b>4.9%</b>			
<b>Plástico</b>				
Botellas y contenedores de plástico	3.2%	1.6%	2.8%	3.6%
Película de plástico	7.5%	2.9%	6.7%	8.2%
Polistireno	0.9%	1.1%	0.6%	1.2%
Otro plástico rígido	1.1%	2.2%	0.5%	1.6%
<b>Total Plástico</b>	<b>12.6%</b>			
<b>Orgánico</b>				
Papel compostable	9.1%	3.3%	8.3%	9.9%
Restos de comida	30.9%	11.6%	28.0%	33.8%
<b>Total Orgánicos</b>	<b>40.0%</b>			



<b>Otros residuos municipales</b>				
Pañales desechables	5.4%	6.9%	3.7%	7.1%
Residuos finos	4.0%	2.8%	3.3%	4.6%
Otros residuos municipales	4.8%	3.7%	3.9%	5.8%
<b>Total Otros</b>	<b>14.2%</b>			
<b>Metal</b>				
Residuos de metal	0.1%	0.2%	<0.1%	0.2%
Material ferroso	0.7%	0.7%	0.5%	0.8%
Material no ferroso	<0.1%	0.2%	<0.1%	0.1%
<b>Total Metales</b>	<b>0.8%</b>			
<b>Vidrio</b>				
Vidrio transparente	2.3%	1.5%	1.9%	2.7%
Vidrio color	0.9%	1.1%	0.6%	1.2%
<b>Total Vidrio</b>	<b>3.2%</b>			
<b>Residuos de jardín</b>				
Fibra dura vegetal	0.1%	0.3%	<0.1%	0.2%
Residuos de jardinería	10.1%	12.6%	7.0%	13.2%
<b>Total residuos jardín</b>	<b>10.3%</b>			
<b>Otros orgánicos</b>				
Algodón	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hueso	0.5%	1.5%	<0.1%	0.8%
Ropa/textiles	6.0%	6.4%	4.5%	7.6%
Cuero	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hule	0.4%	2.1%	<0.1%	0.9%
<b>Total otros orgánicos</b>	<b>6.9%</b>			



## 2 INTRODUCCIÓN

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) apoyó al Municipio de Naucalpan en la caracterización de sus residuos, como parte de la participación de EPA en la Iniciativa de Residuos Sólidos Municipales (Iniciativa de Residuos) de la Coalición del Clima y Aire Limpio (CCAC) y la Iniciativa Mundial sobre el Metano (GMI).<sup>4</sup> El estudio de caracterización fue realizado por SCS Engineers y Abt Associates en la estación de transferencia de Naucalpan. El estudio fue diseñado para proporcionar al municipio información para apoyar decisiones sobre tecnologías y programas de residuos sólidos que reducirán las emisiones y el envío de residuos hacia el relleno sanitario (por ejemplo, mediante reciclaje y recuperación de energía).

La estación de transferencia se estableció para facilitar la gestión y el transporte de los residuos de la ciudad a dos rellenos sanitarios en municipios vecinos. La estación de transferencia está diseñada para ser una instalación temporal para consolidar los residuos hasta que se pueda establecer una instalación de gestión de residuos más permanente.

Los recolectores del servicio de limpia llevan los residuos a la estación de transferencia en camiones de recolección municipal. Estos camiones suelen ser vehículos de carga trasera operados por al menos dos recolectores. Los camiones que entran en la estación deben conducir a través de la báscula para que se pueda documentar la información sobre la carga de desechos (transportador, número de camión y peso de los desechos). Posteriormente, el camión procede a



Carga de residuos en un tráiler de transferencia

la zona de vuelco donde los residuos se descargan en el suelo. No hay una superficie de concreto o impermeable en la estación de transferencia donde se descargan los residuos. Un trabajador de la estación dirige cada camión de basura a la ubicación exacta donde se va a descargar el residuo.

Trabajadores informales trabajan en todo el sitio y escogen manualmente los residuos para reciclar y otros materiales que se pueden vender. De esta manera se eliminan materiales tales como metal, plástico, papel y vidrio de la corriente de residuos. Estos materiales se embolsan y se colocan en un área separada para el transporte a un centro de

reciclaje/recuperación. Estos trabajadores no son empleados formales del municipio, pero el municipio les autoriza a trabajar en la estación de transferencia. Se calcula que había entre 40 y 60 trabajadores informales recolectando regularmente los desechos cada día. Además de la selección realizada en la estación de transferencia, las cuadrillas municipales de recolección de residuos separan y recolectan los materiales para el reciclaje a medida que recogen residuos de origen residencial y comercial. Con frecuencia, los camiones de basura entraron en la estación de transferencia con múltiples bolsas de materiales reciclables atados a los lados o en la parte

<sup>4</sup> Este estudio se llevó a cabo bajo el número de contrato EPA EP-C-13-039, Trabajo No. 3-53.



superior. Esos materiales no se disponían en la estación de transferencia y en cambio se llevaban a otra instalación para su venta y procesamiento. La separación de los materiales de desecho por los trabajadores formales e informales en la estación de transferencia altera la composición de los residuos depositados en la estación de transferencia. Dado que estas actividades ocurrían antes del muestreo de residuos, los materiales no destinados a la disposición en rellenos sanitarios, tales como materiales reciclables, fueron excluidos del análisis.

El municipio cuenta con maquinaria pesada para manejar los residuos, con la cual el personal de la estación lleva los residuos vertidos en la estación de transferencia y los carga en grandes remolques para su transporte y disposición en los rellenos sanitarios de los municipios vecinos de Xonacatlán (36 km) y Tepozotlán (51 km). La ciudad excavó una porción del sitio en donde los camiones de transferencia se estacionan para cargar. Los materiales de desecho no se compactan antes de la carga. Una vez que el remolque de transferencia está lleno, los trabajadores cubren manualmente la parte superior para evitar que los residuos se vuelen durante el transporte.

El municipio está interesado en desarrollar un programa de manejo de desechos más sustentable que se enfoque en desviar materiales de la disposición en rellenos sanitarios. Esto incluye aumentar la cantidad de materiales recuperados para el reciclaje y evaluar la posibilidad de implementar una tecnología de biodigestión para procesar la fracción orgánica de los residuos para generar energía u otros productos.

Este estudio de caracterización de residuos fue diseñado para ayudar al municipio a comprender mejor los tipos y cantidades de materiales que podrían ser desviados. Los resultados de este estudio pueden utilizarse para ayudar a la ciudad a tomar decisiones más informadas sobre los programas más eficaces y eficientes que se pueden implementar para desviar los residuos y posteriormente reducir las emisiones de metano y otros contaminantes.



Trabajadores informales en la estación de transferencia





### 3 PLAN DE MUESTREO DE LOS RESIDUOS

En el estudio de caracterización de residuos se consideraron dos sectores generadores de residuos, contemplados en el bando municipal: 1) Colonias Populares y 2) Colonias Residenciales. El municipio proporcionó un documento que enumera los camiones de recolección de residuos de la ciudad e indica su área de cobertura. Además, cada área de la ciudad fue identificada como colonia popular o residencial, basada en la clasificación incluida en el banco municipal. La Tabla 2 resume las áreas de recolección consideradas en este estudio.

**Tabla 2. Área de Recolección de Residuos**

Populares	Residenciales
Molinito	Lomas Verdes
San Mateo	Echegaray
San Agustín	Satélite
Izcalli	Tecamachalco
Central	

El municipio de Naucalpan estima que alrededor del 60 por ciento de los residuos recibidos en la estación de transferencia son materiales originarios de colonias populares. El 40 por ciento restante de los residuos se genera en colonias residenciales. En general, el equipo del proyecto clasificó 44 muestras, incluyendo:<sup>5</sup>

- 23 muestras de colonias populares (52 por ciento de las muestras)
- 21 muestras de colonias residenciales (48 por ciento de las muestras)

Casi todos los camiones que depositaron desechos en la estación de transferencia eran propiedad del municipio. Los vehículos de recolección fueron muestreados aleatoriamente a lo largo de la semana. Al principio del día, el Gerente de Muestreo de SCS observaba a los camiones entrando en la estación de transferencia. Cuando entraba un camión que podía ser identificado con un área de recolección particular (basado en el número del camión y la ruta de recolección proporcionada por el municipio) ese camión era seleccionado para el muestreo. El Gerente de Muestreo de SCS obtenía, pesaba y transportaba la muestra al área de clasificación. Las muestras de residuos se extrajeron de ubicaciones aleatorias de la pila de residuos descargada, que a menudo era de la parte de la carga que se podía acceder con seguridad. Este proceso se repitió a lo largo del día hasta que se alcanzó el número de muestras planeado.

<sup>5</sup> Una muestra adicional obtenida y clasificada no pudo ser identificada como de colonia residencial o popular. Además, el tamaño de dicha muestra no cumplía con los requisitos del estudio. Por lo tanto, los datos de esta muestra no se incluyen en los perfiles de caracterización de residuos desarrollados en este estudio.



## 4 MUESTREO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

Cuarenta y cuatro muestras fueron clasificadas manualmente en diferentes categorías y tipos de material (Tabla 3). La lista de categorías y materiales se basó en la Norma Mexicana NMX-AA-22-085 para la caracterización de residuos. La norma se desarrolló en 1985 y no se ha actualizado para reflejar la naturaleza cambiante del flujo de residuos. Por lo tanto, se añadieron otros tipos de materiales de desecho para este estudio. La clasificación se realizó bajo una tienda de campaña junto a la valla perimetral de la estación de transferencia junto al área de descarga de residuos. El equipo consistió en un Gerente de Clasificación de SCS, el Gerente de Muestreo de SCS y un equipo de trabajo de hasta seis trabajadores que clasificaron manualmente los residuos. El equipo de trabajo fue proporcionado por el municipio. Un miembro del personal de municipio que hablaba inglés con fluidez acompañaba al equipo de SCS cada día para servir como traductor.

El Gerente de Muestreo de SCS observaba los camiones que entraban en la estación de transferencia. Una vez que un camión era pesado en la báscula, el transportista y el número de camión eran registrados y verificados usando las hojas de ruta de recolección proporcionadas por el municipio. El número del camión fue utilizado para identificar el área de recolección del residuo. Basándose en una tabla proporcionada por el municipio, el equipo pudo determinar si cada carga de residuos provenía de una colonia popular o residencial. No hubo comunicación con el conductor debido a barreras de idioma, pero el municipio aseguró que los camiones contenían residuos de la zona indicada en las hojas de ruta proporcionadas. Se utilizaron registros individuales de muestras de residuos para registrar los detalles de cada camión seleccionado para el muestreo, que incluyen transportista, número de camión, ubicación de la colección, fecha y hora. El Gerente de Muestreo SCS solicitó la ayuda de al menos un miembro del equipo para obtener la muestra de los residuos descargados.

El Gerente de Muestreo de SCS observó cada carga de desecho al ser descargada en el suelo. Después de que los residuos del camión fueron descargados y asegurar las condiciones de seguridad, el



Residuos descargados de un camión de recolección en la estación de transferencia



Miembro del equipo obteniendo muestra



Gerente de muestreo de SCS seleccionaba al azar una porción de la descarga a la que se podía acceder de manera fácil y segura. Los materiales de desecho se recogían, se colocaban en botes de basura de 110 litros y se pesaban hasta obtener el peso objetivo de la muestra (90-100 kg).<sup>6</sup> SCS utilizó el Método de Ensayo Estándar Internacional ASTM para Determinación de la Composición de Residuos Sólidos Municipales no Procesados que indica que una muestra de residuos de 91 a 136 kg se considera que representa las características de una carga de residuos sólidos municipales.<sup>7</sup> Los contenedores de materiales eran transportados a la zona de clasificación para su posterior procesamiento. En todos los casos de selección de muestras, los trabajadores informales recogían los residuos inmediatamente después de ser descargados. Los trabajadores informales se mantenían a cierta distancia del lugar donde se obtenía la muestra. Sin embargo, mientras los camiones se preparaban para descargar, los trabajadores informales se posicionaban alrededor de la zona donde se descargarían los residuos. Aunque los trabajadores informales no interfirieron directamente con la adquisición de la muestra, sí afectaron la accesibilidad a la carga de desecho donde se podía extraer una muestra. Los trabajadores informales rodeaban el camión de recolección de residuos y la carga antes de que el Gerente de Muestreo de SCS pudiera llegar con seguridad a la carga vertida.



Clasificación manual de residuos

Cada una de las 44 muestras de residuos recogidas a lo largo de la semana se clasificaron manualmente en 11 categorías y 30 tipos de materiales que se resumen en la Tabla 3. Las muestras de residuos fueron clasificadas y pesadas por un equipo de cinco a seis personas y supervisadas por el Gerente de Clasificación de SCS. Los procedimientos y objetivos básicos para la clasificación fueron idénticos para cada muestra y cada día del trabajo de campo. Los pasos para la clasificación consistieron en:

1. El equipo de trabajo transfirió la muestra de residuos de los contenedores previamente pesados a la mesa de clasificación hasta que ésta quedaba llena. La mesa de clasificación constaba de un gran panel de madera montado en botes de basura. Alrededor de la mesa de clasificación había 30 botes de basura o contenedores donde se podían depositar los materiales de desecho separados. El peso de tara de cada

### Salud y Seguridad

La salud y la seguridad fueron fundamentales para el éxito del estudio de caracterización de residuos. Los miembros del equipo de trabajo debían usar chalecos de alta visibilidad, gafas de seguridad y guantes resistentes a las perforaciones al clasificar manualmente los residuos. Antes de comenzar el proyecto, el Gerente de Clasificación de SCS dirigió una reunión de salud y seguridad para revisar los peligros de la clasificación manual de materiales de desecho y ofrecer consejos para reducir el potencial de lesiones. Se compartieron recordatorios de seguridad durante toda la semana.

<sup>6</sup> La Norma Mexicana NMX-AA-022-1985 establece un peso mínimo de 50 kg para cada muestra

<sup>7</sup> ASTM International, D 5231-92 (reapproved 2003), Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste



uno de los recipientes (es decir, el peso cuando está vacío) se midió y se registró en una forma separada. El peso del contenedor se restó del peso del recipiente con residuos para determinar el peso neto de la muestra.

2. El equipo separó manualmente todos los residuos. Los objetos grandes, pesados o voluminosos, tales como bolsas de desechos de jardín o de madera, se abrieron, se examinaron y luego se colocaron directamente en el recipiente apropiado para su posterior pesaje.
3. Se abrieron las bolsas de residuos y el equipo separó cada material en el contenedor apropiado. Los materiales restantes dejados sobre la mesa se caracterizaron visualmente y se observó el porcentaje de cada material de desecho observable. Los materiales se colocaron en un recipiente vacío y se pesaron.
4. Después de la clasificación, los recipientes con los materiales separados se trasladaron a una escala calibrada para el pesaje. El Gerente de Clasificación de SCS pesó cada contenedor de materiales y apuntó el peso neto en el registro de muestras de residuos. Se mantuvo un registro de muestras de desechos por separado para cada una de las 44 muestras. Los pesos se redondearon al 0.01 de libra más cercana.
5. Después de registrar el peso de cada recipiente de materiales clasificados, los materiales se disponían en el área de descargas de la estación de transferencia.

Este proceso de cinco pasos se repitió hasta que se caracterizaron todas las muestras. Las muestras de residuos se mantuvieron en condiciones de disposición o lo más cerca posible hasta que comenzó la clasificación. Los factores que podrían afectar las condiciones de los materiales de desecho, tales como compactación, lluvia o recolección de materiales por parte de trabajadores informales, fueron mitigados de manera que la composición o condición de la muestra no cambió.

El estudio de caracterización de residuos se programó para evitar días festivos u otros eventos fuera de lo común que podrían sesgar el programa de muestreo. Los métodos utilizados para realizar el estudio de caracterización de residuos de Naucalpan siguieron prácticas estándar de la industria para estudios similares





Supervisión de la clasificación de residuos



Pesaje de contenedores con materiales clasificados



Miembros del equipo de trabajo llevan los residuos clasificados de vuelta al área de disposición de la estación de transferencia



**Tabla 3. Categorías y Tipos de Materiales con Ejemplos**

Categoría de Residuos	Tipo de Material	Ejemplo
Papel	Periódico/impresos	Periódicos
	Cartón corrugado	Cajas de empaque y mensajería
	Papel reciclable	Revistas, papel de oficina, cartón
	Contenedores encerados	Empaques de leche o jugo
Plástico	Botellas/contenedores de plástico (#1-7 e inidentificados)	Yogurt, refrescos, medicinas, leche, detergente, macetas
	Película de plástico	Bolsas de supermercado o basura, empaque de alimentos
	Polistireno	Cubiertos o vasos desechables, empaques
	Otro plástico rígido	Cubetas, juguetes, muebles, recipientes
Orgánicos	Papel compostable	Servilletas, servitoallas, pañuelos
	Restos de comida	Verduras, carne, pan
Otros residuos municipales	Pañales desechables	Pañales desechables
	Residuos finos	Material pequeño indistinguible de < 2 cm
	Otros residuos municipales	Materiales que no corresponden a ninguna otra categoría
Metal	Residuos de metal	Residuos de metal ferrosos y no ferrosos
	Material ferroso	Latas de alimento, sopas, aerosoles
	Material no ferroso	Latas de cerveza o refresco
Vidrio	Vidrio transparente	Vidrio transparente
	Vidrio de color	Vidrio de color
Residuos de jardín	Fibra dura vegetal	Materiales de madera - ramas, maleza, tocones
	Residuos de jardinería	Follaje, pasto, materiales sin madera
Otros orgánicos	Algodón	Algodón
	Hueso	Hueso
	Ropa/textiles	Ropa, zapatos
	Cuero	Cinturones, algunos zapatos
	Hule	Guantes
Electrónicos*	Electrónicos	Teléfonos celulares, computadoras, radios
Peligrosos*	Peligrosos	Pintura, baterías, sustancias químicas, residuos médicos
Residuos inertes	Madera	Paletas de madera, residuos de madera
	Cerámica	Platos, vasos
	Materiales de construcción	Grava, ladrillos, concreto, asfalto, polvo

Nota: \* = categorías no incluidas en la Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. La norma enumera el resto de las categorías, pero no las agrupa en fracciones de desechos



## 5 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS

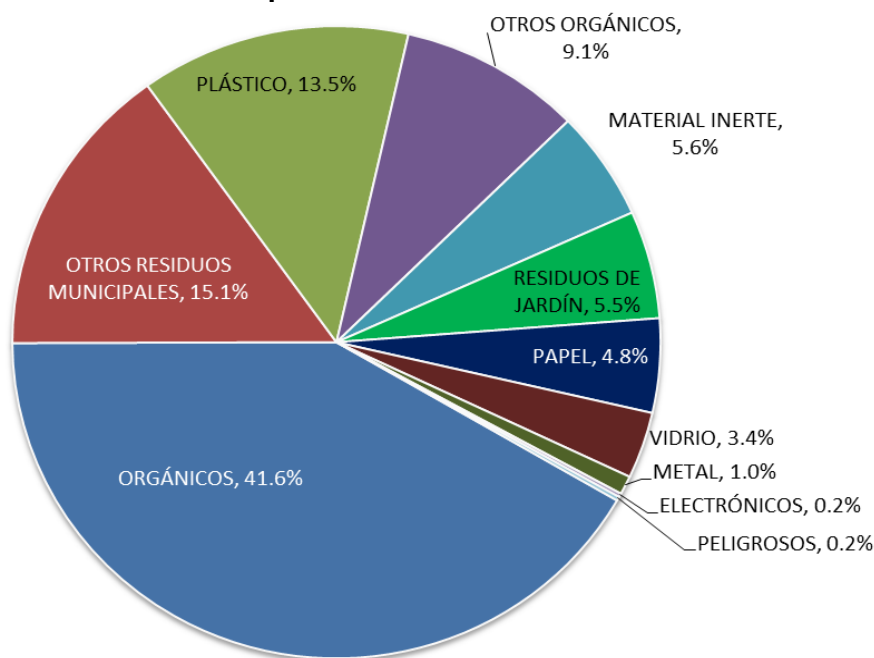
En esta sección se presentan los perfiles de composición de residuos para las colonias populares y residenciales de Naucalpan, así como para en términos globales. Las tablas y gráficas de esta sección presentan el porcentaje medio de composiciones por peso, desviaciones estándar e intervalos de confianza estadística (intervalo de confianza del 90%) para cada tipo de material.<sup>8</sup>

### Composición en Colonias Populares

La gráfica 2 ofrece una visión general de la composición de los desechos de las muestras procedentes de colonia populares por categorías. La Tabla 4 presenta el perfil completo de caracterización de residuos de las colonias populares en el Municipio de Naucalpan para los 30 tipos de materiales. Los tipos de materiales que constituyen la mayor porción del flujo de residuos de colonias populares incluyen:

- Restos de comida – 31.8 por ciento
- Papel compostable – 9.7 por ciento
- Película de plástico – 7.9 por ciento
- Ropa/textiles – 7.9 por ciento

**Gráfica 2. Composición de Residuos de Colonias Populares**



<sup>8</sup> La media es el promedio aritmético de los datos de cada sector generador (colonias populares y residenciales) y la desviación estándar es una medida de la dispersión en los datos. En conjunto, la media y la desviación estándar determinan el intervalo de confianza. Un intervalo de confianza del 90 por ciento contiene la proporción verdadera de un componente de desecho con 90 por ciento de confianza (es decir, estudios similares producirán los mismos resultados 90 por ciento del tiempo).







**Tabla 4. Composición de los Residuos Provenientes de Colonias Populares**

Componentes de material	Composición	Desviación	Límites de Confianza del 90%	
	Media	Estándar	Inferior	Superior
<b>Papel</b>				
Periódico/impresos	0.5%	0.4%	0.3%	0.6%
Cartón corrugado	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Papel reciclable	3.1%	1.5%	2.6%	3.6%
Contenedores encerados	1.2%	0.6%	1.0%	1.4%
<b>Total Papel</b>	<b>4.8%</b>			
<b>Plástico</b>				
Botellas y contenedores de plástico	3.1%	1.7%	2.5%	3.7%
Película de plástico	7.9%	3.4%	6.8%	9.1%
Polistireno	1.0%	1.3%	0.6%	1.5%
Otro plástico rígido	1.5%	2.8%	0.5%	2.4%
<b>Total Plástico</b>	<b>13.5%</b>			
<b>Orgánico</b>				
Papel compostable	9.7%	2.8%	8.8%	10.7%
Restos de comida	31.8%	12.1%	27.7%	36.0%
<b>Total Orgánicos</b>	<b>41.6%</b>			
<b>Otros residuos municipales</b>				
Pañales desechables	5.6%	4.1%	4.2%	7.0%
Residuos finos	4.2%	3.0%	3.2%	5.2%
Otros residuos municipales	5.3%	3.6%	4.1%	6.5%
<b>Total Otros</b>	<b>15.1%</b>			
<b>Metal</b>				
Residuos de metal	0.2%	0.3%	<0.1%	0.3%
Material ferroso	0.7%	0.8%	0.4%	1.0%
Material no ferroso	<0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%
<b>Total Metales</b>	<b>0.9%</b>			
<b>Vidrio</b>				
Vidrio transparente	2.6%	1.6%	2.0%	3.1%
Vidrio color	0.9%	1.0%	0.5%	1.2%
<b>Total Vidrio</b>	<b>3.4%</b>			
<b>Residuos de jardín</b>				
Fibra dura vegetal	<0.1%	0.1%	<0.1%	0.1%
Residuos de jardinería	5.4%	7.2%	2.9%	7.8%
<b>Total residuos jardín</b>	<b>5.5%</b>			



<b>Otros orgánicos</b>				
Algodón	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hueso	0.6%	1.8%	<0.1%	1.2%
Ropa/textiles	7.9%	7.7%	5.3%	10.6%
Cuero	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hule	0.6%	2.7%	<0.1%	1.5%
<b>Total otros orgánicos</b>		<b>9.1%</b>		
<b>Electrónicos</b>				
Electrónicos	0.2%	0.3%	<0.1%	0.3%
<b>Total electrónicos</b>		<b>0.2%</b>		
<b>Peligrosos</b>				
Peligrosos	0.2%	0.6%	<0.1%	0.4%
<b>Total peligrosos</b>		<b>0.2%</b>		
<b>Residuos inertes</b>				
Madera	1.1%	2.2%	0.3%	1.8%
Cerámica	0.3%	0.6%	<0.1%	0.5%
Materiales de construcción	4.3%	11.9%	0.2%	8.4%
<b>Total material inerte</b>		<b>5.6%</b>		
<b>TOTAL</b>		<b>100.0%</b>		

Nota: Composición basada en 23 muestras

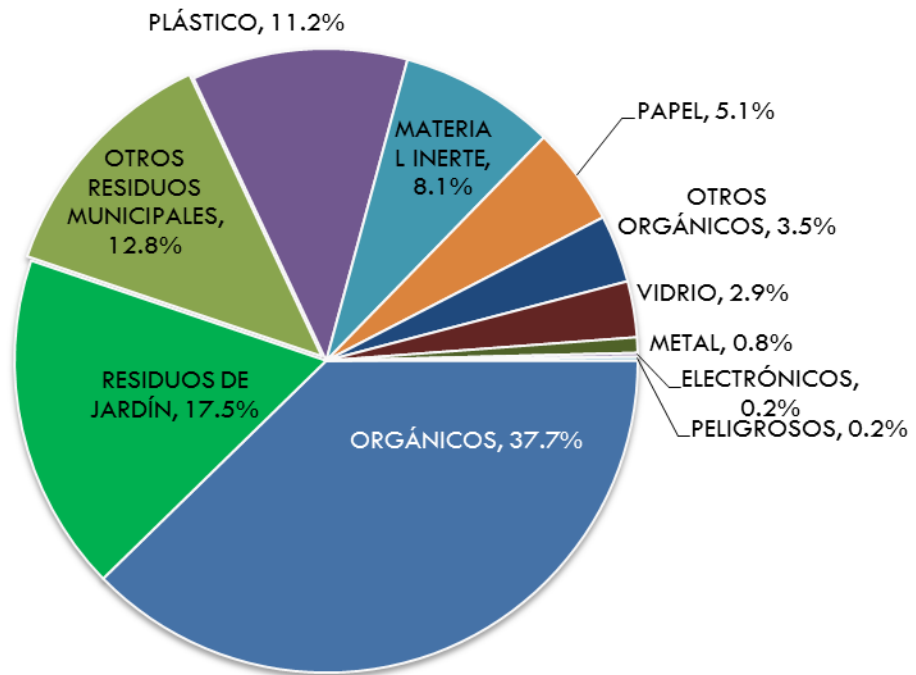
## Composición en Colonias Residenciales

El Cuadro 3 ofrece una visión general de la composición de los residuos de las muestras de las colonias residenciales por categoría. La Tabla 5 presenta el perfil completo de caracterización de residuos de los barrios de altos ingresos de la ciudad de Naucalpan para los 30 tipos de materiales. Los tipos de materiales que constituyen la porción más grande del flujo de residuos del vecindario de altos ingresos incluyen:

- Restos de comida – 29.6 por ciento;
- Residuos de jardín – 17.2 por ciento;
- Papel compostable – 8.2 por ciento;
- Película de plástico – 6.8 por ciento.



Gráfica 3. Composición de Residuos de Colonias Residenciales



**Tabla 5. Composición de los Residuos Provenientes de Colonias Residenciales**

Componentes de material	Composición	Desviación	Límites de Confianza del 90%	
	Media	Estándar	Inferior	Superior
<b>Papel</b>				
Periódico/impresos	0.5%	0.4%	0.4%	0.7%
Cartón corrugado	0.3%	0.7%	<0.1%	0.6%
Papel reciclable	3.1%	1.5%	2.5%	3.6%
Contenedores encerados	1.2%	0.6%	1.0%	1.4%
<b>Total Papel</b>	<b>5.1%</b>			
<b>Plástico</b>				
Botellas y contenedores de plástico	3.2%	1.4%	2.7%	3.7%
Película de plástico	6.8%	2.1%	6.0%	7.5%
Polistireno	0.7%	0.3%	0.6%	0.8%
Otro plástico rígido	0.4%	0.6%	0.2%	0.7%
<b>Total Plástico</b>	<b>11.2%</b>			
<b>Orgánico</b>				
Papel compostable	8.2%	3.8%	6.8%	9.6%
Restos de comida	29.6%	10.9%	25.7%	33.5%
<b>Total Orgánicos</b>	<b>37.7%</b>			
<b>Otros residuos municipales</b>				
Pañales desechables	5.2%	9.7%	1.7%	8.6%
Residuos finos	3.5%	2.5%	2.6%	4.4%
Otros residuos municipales	4.1%	3.8%	2.8%	5.5%
<b>Total Otros</b>	<b>12.8%</b>			
<b>Metal</b>				
Residuos de metal	<0.1%	0.1%	<0.1%	<0.1%
Material ferroso	0.6%	0.4%	0.5%	0.8%
Material no ferroso	<0.1%	0.3%	<0.1%	0.2%
<b>Total Metales</b>	<b>0.6%</b>			
<b>Vidrio</b>				
Vidrio transparente	1.9%	1.2%	1.5%	2.4%
Vidrio color	1.0%	1.2%	0.5%	1.4%
<b>Total Vidrio</b>	<b>2.9%</b>			
<b>Residuos de jardín</b>				
Fibra dura vegetal	0.2%	0.5%	<0.1%	0.4%
Residuos de jardinería	17.2%	17.9%	10.8%	23.7%
<b>Total residuos jardín</b>	<b>17.5%</b>			
<b>Otros orgánicos</b>				
Algodón	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hueso	0.2%	0.7%	<0.1%	0.5%
Ropa/textiles	3.3%	3.4%	2.0%	4.5%
Cuero	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hule	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
<b>Total otros orgánicos</b>	<b>3.5%</b>			
<b>Electrónicos</b>				
Electrónicos	0.2%	0.6%	<0.1%	0.4%
<b>Total electrónicos</b>	<b>0.2%</b>			



## Estudio de Caracterización de Residuos: Estación de Transferencia de Naucalpan

<b>Peligrosos</b>				
Peligrosos	0.2%	0.8%	<0.1%	0.5%
<b>Total peligrosos</b>	<b>0.2%</b>			
<b>Residuos inertes</b>				
Madera	1.6%	4.9%	<0.1%	3.4%
Cerámica	<0.1%	0.2%	<0.1%	0.2%
Materiales de construcción	6.4%	9.1%	3.1%	9.7%
<b>Total material inerte</b>	<b>8.1%</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>100.0%</b>			

Nota: Composición basada en 21 muestras

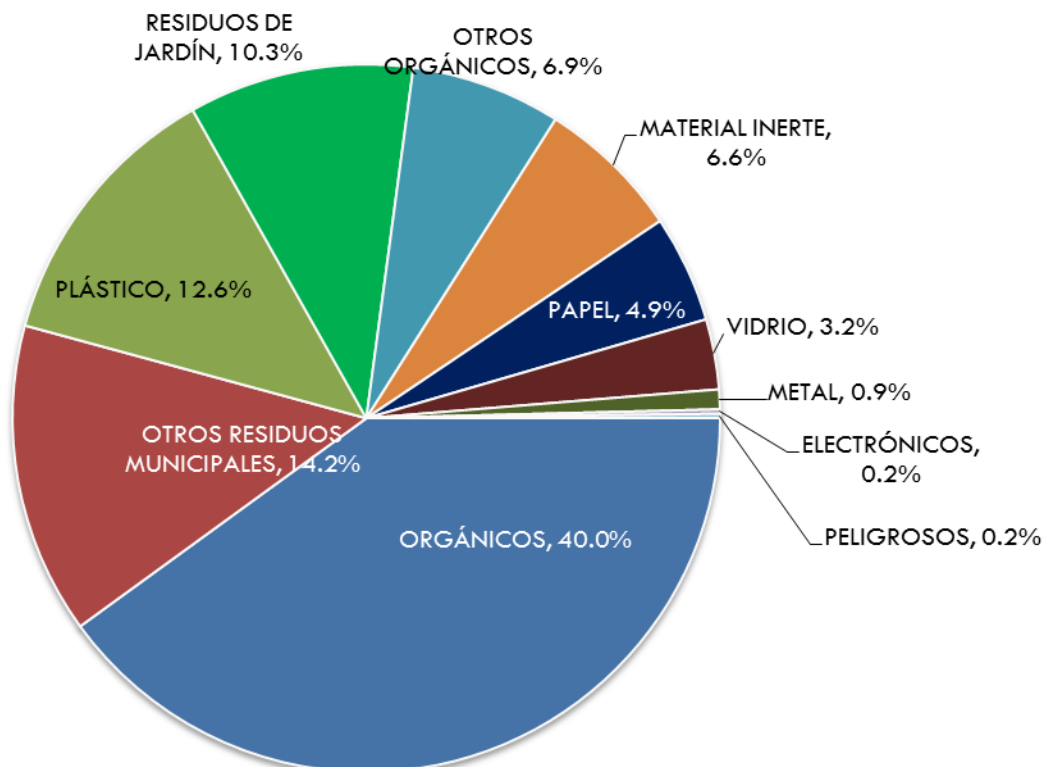


## Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia

La Gráfica 4 muestra la composición general de residuos para el Municipio de Naucalpan. Estos datos, junto con el desglose detallado en la Tabla 6, agregaron los datos de generación de residuos de las colonias populares y residenciales. El Municipio de Naucalpan estima que el 60 por ciento de los residuos llevados a la estación de transferencia se genera en colonias populares, mientras que el 40 por ciento restante se genera en colonias residenciales. Combinado esto representa la composición total de los desechos generados en el Municipio de Naucalpan y transportados a la estación de transferencia. Los tipos de materiales que constituyen la mayor parte de los flujos de residuos del municipio en la estación de transferencia incluyen:

- Residuos de comida – 30.9 por ciento
- Residuos de jardín – 10.1 por ciento
- Papel compostable – 9.1 por ciento
- Película de plástico – 7.5 por ciento

**Gráfica 4. Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia**



**Tabla 6. Composición General de los Residuos en la Estación de Transferencia**

Componentes de material	Composición	Desviación	Límites de Confianza del 90%	
	Media	Estándar	Inferior	Superior
<b>Papel</b>				
Periódico/impresos	0.5%	0.4%	0.4%	0.6%
Cartón corrugado	0.2%	0.5%	<0.1%	0.3%
Papel reciclable	3.1%	1.5%	2.7%	3.5%
Contenedores encerados	1.2%	0.6%	1.1%	1.3%
<b>Total Papel</b>	<b>4.9%</b>			
<b>Plástico</b>				
Botellas y contenedores de plástico	3.2%	1.6%	2.8%	3.6%
Película de plástico	7.5%	2.9%	6.7%	8.2%
Polistireno	0.9%	1.1%	0.6%	1.2%
Otro plástico rígido	1.1%	2.2%	0.5%	1.6%
<b>Total Plástico</b>	<b>12.6%</b>			
<b>Orgánico</b>				
Papel compostable	9.1%	3.3%	8.3%	9.9%
Restos de comida	30.9%	11.6%	28.0%	33.8%
<b>Total Orgánicos</b>	<b>40.0%</b>			
<b>Otros residuos municipales</b>				
Pañales desechables	5.4%	6.9%	3.7%	7.1%
Residuos finos	4.0%	2.8%	3.3%	4.6%
Otros residuos municipales	4.8%	3.7%	3.9%	5.8%
<b>Total Otros</b>	<b>14.2%</b>			
<b>Metal</b>				
Residuos de metal	0.1%	0.2%	<0.1%	0.2%
Material ferroso	0.7%	0.7%	0.5%	0.8%
Material no ferroso	<0.1%	0.2%	<0.1%	0.1%
<b>Total Metales</b>	<b>0.8%</b>			
<b>Vidrio</b>				
Vidrio transparente	2.3%	1.5%	1.9%	2.7%
Vidrio color	0.9%	1.1%	0.6%	1.2%
<b>Total Vidrio</b>	<b>3.2%</b>			
<b>Residuos de jardín</b>				
Fibra dura vegetal	0.1%	0.3%	<0.1%	0.2%
Residuos de jardinería	10.1%	12.6%	7.0%	13.2%
<b>Total residuos jardín</b>	<b>10.3%</b>			



## Estudio de Caracterización de Residuos: Estación de Transferencia de Naucalpan

<b>Otros orgánicos</b>				
Algodón	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hueso	0.5%	1.5%	<0.1%	0.8%
Ropa/textiles	6.0%	6.4%	4.5%	7.6%
Cuero	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%
Hule	0.4%	2.1%	<0.1%	0.9%
<b>Total otros orgánicos</b>	<b>6.9%</b>			
<b>Electrónicos</b>				
Electrónicos	0.2%	0.4%	<0.1%	0.3%
<b>Total electrónicos</b>	<b>0.2%</b>			
<b>Peligrosos</b>				
Peligrosos	0.2%	0.7%	<0.1%	0.3%
<b>Total peligrosos</b>	<b>0.2%</b>			
<b>Residuos inertes</b>				
Madera	1.3%	3.5%	0.4%	2.2%
Cerámica	0.2%	0.5%	<0.1%	0.3%
Materiales de construcción	5.1%	10.8%	2.4%	7.8%
<b>Total material inerte</b>	<b>6.6%</b>			
<b>TOTAL</b>	<b>100.0%</b>			

Nota: Composición basada en 44 muestras





## 6 ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE RECUPERACIÓN

Los resultados de este estudio muestran que una parte significativa de los desechos que llega a la estación de transferencia podría ser recuperada para reciclaje, compostaje, biodigestión u otros usos benéficos. En esta sección se utilizan los datos de composición de residuos para estimar el porcentaje de materiales que podrían ser recuperados. Los tipos de materiales clasificados durante este estudio (de la Tabla 3) pueden desglosarse en cuatro categorías principales: reciclables; compostables; reutilizables y no recuperables. La Tabla 7 proporciona un resumen de los tipos de materiales que se clasifican en cada una de estas categorías.

**Tabla 7. Clasificación del Tipo de Material**

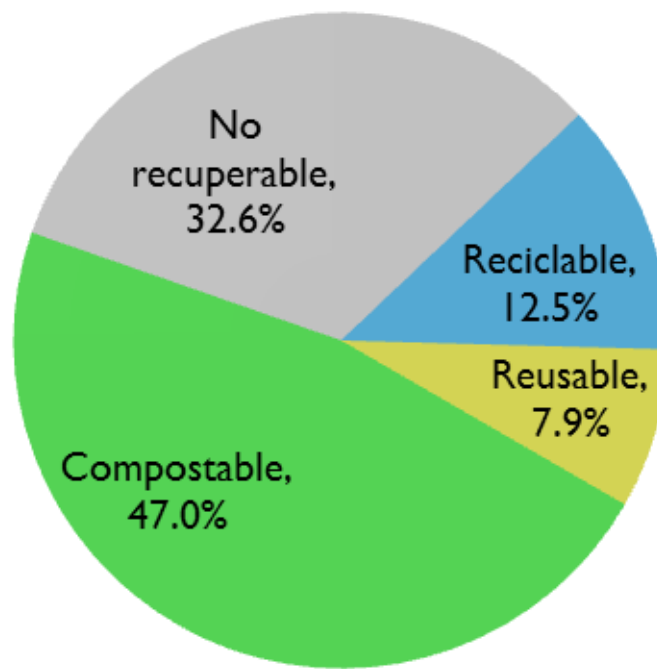
<b>Clasificación</b>	<b>Tipo de Material</b>
Reciclable	Periódicos/impresos Cartón corrugado Papel reciclable Contenedores encerados Botellas y contenedores de plástico Material ferrosos Material no ferroso Residuos de metal Vidrio transparente Vidrio de color Electrónicos
Compostable	Papel compostable Residuos de alimentos Fibra dura vegetal Residuos de jardinería
Reusable	Ropa/textiles
No Recuperable	Película de plástico Polistireno Otro plástico rígido Pañales desechables Residuos finos Otros residuos municipales Algodón Hueso Cuero Hule Peligrosos Madera Cerámica Materiales de construcción



## Potencial de Recuperación en Colonias Populares

Con base en los resultados de este estudio, se estima que casi el 69 por ciento de los desechos generados las colonias populares son potencialmente recuperables. La Gráfica 5 resume el porcentaje de los residuos que se consideran reciclables, compostables, reutilizables y no recuperables, basado en las clasificaciones de la Tabla 7.

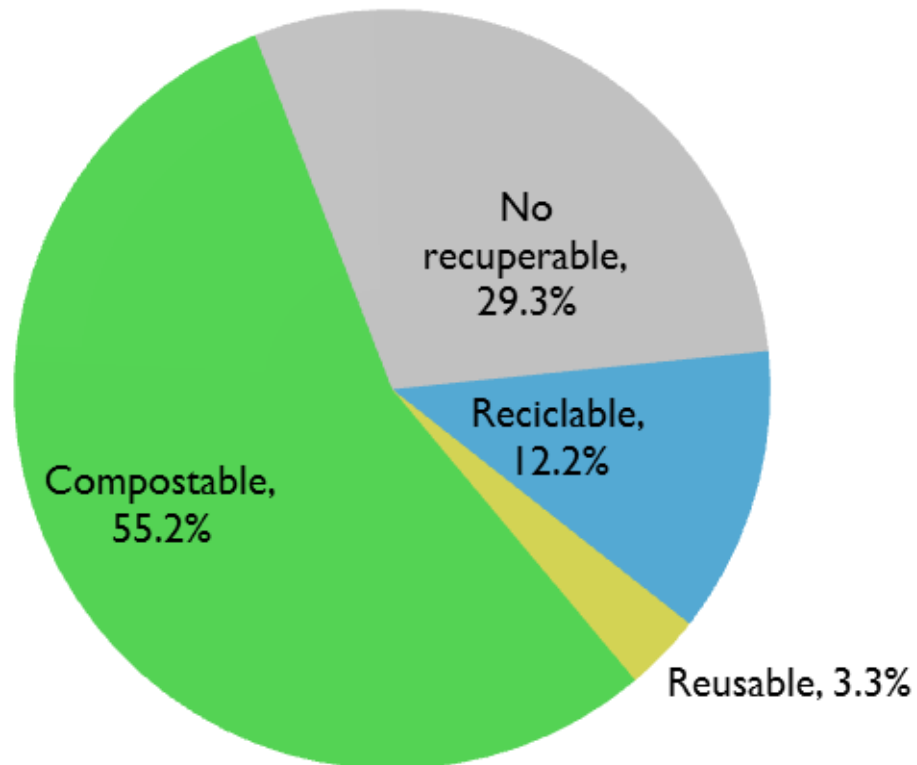
**Gráfica 5. Análisis del Potencial de Recuperación en Colonias Populares**



## Potencial de Recuperación en las Colonias Residenciales

Con base en los resultados de este estudio, se estima que más del 70 por ciento de los residuos generados en las colonias residenciales son potencialmente recuperables. La Gráfica 6 resume el porcentaje de los residuos que se consideran reciclables, compostables, reutilizables y no recuperables, basado en las clasificaciones de la Tabla 7.

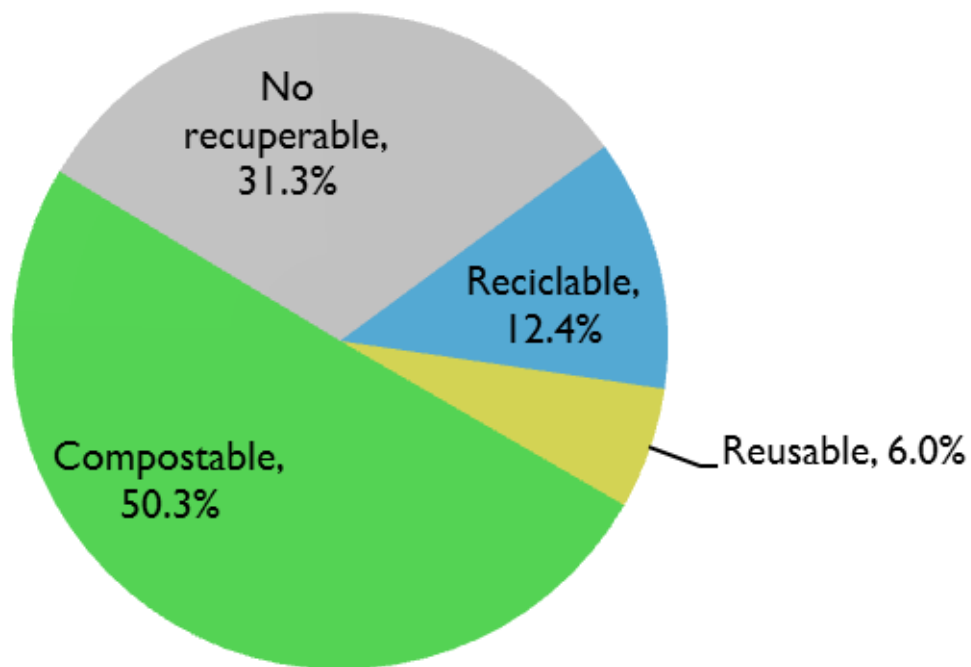
**Gráfica 6. Análisis del Potencial de Recuperación en Colonias Residenciales**



## Potencial de Recuperación Global en la Estación de Transferencia

Con base en los resultados de este estudio, se estima que el 68.7 por ciento de los residuos generados en el municipio y llevados a la estación de transferencia de Naucalpan son potencialmente recuperables. La Gráfica 7 resume el porcentaje de los residuos que se consideran reciclables, compostables, reutilizables y no recuperables, basado en las clasificaciones de la Tabla 7.

**Gráfica 7. Análisis del Potencial de Recuperación en la Estación de Transferencia**



## 7 RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO

Los métodos utilizados para llevar a cabo el estudio de caracterización de residuos de Naucalpan siguieron prácticas estándar de la industria para estudios similares. Los datos de composición de residuos presentados en este informe son una representación razonable y confiable de los residuos transportados a la estación de transferencia. Los datos y resultados de este análisis pueden ser utilizados por el municipio de varias maneras:

- ▶ Pueden informar los esfuerzos para seleccionar y evaluar programas y tecnologías para recuperar residuos y reducir la cantidad de éstos que son dispuestos en un relleno sanitario.
- ▶ Aportan información para la selección de tecnologías, la inversión en infraestructura y el dimensionamiento de instalaciones y programas.
- ▶ Ayudan a estimar la cantidad de residuos que potencialmente pueden recuperarse a través de programas y tecnologías adicionales.

Es importante señalar que cualquier programas y tecnologías que pudiera ser adoptada en Naucalpan debe ser evaluado de manera individual y, de ser factible, probados en los residuos llevados a la estación de transferencia. Esto ayudará al municipio a evaluar mejor el éxito

