

# Guía para realización de Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales





# **Guía para realización de Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales**





# **Guía para realización de Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales**

Santo Domingo, D.N.  
Diciembre 2022



AUTORÍA, COORDINACIÓN Y EDICIÓN:  
Federación Dominicana de Municipios - FEDOMU -  
Calle Elvira de Mendoza #104,  
Zona Universitaria, Distrito Nacional.  
(809) 683-5145  
[www.fedomu.org.do](http://www.fedomu.org.do)

Fondo Andaluz de Municipios para la Solidaridad Internacional (Famsi)  
[www.andaluciasolidaria.org](http://www.andaluciasolidaria.org)

Diciembre 2022

ELABORACIÓN Y REDACCIÓN DE CONTENIDOS:  
Mariely Ponciano  
Indhira De Jesús  
Rosaura Pimentel  
Beatriz Alcántara

FINANCIADO POR: En el marco del proyecto: **“Refuerzo de las capacidades técnicas, institucionales y estratégicas y la localización de los ODS de las federaciones municipales de la República Dominicana y la República de Haití (FEDOMU, FENAMH)”**.



Diagramación:  
Jesús Alberto de la Cruz

Impresión:  
Editora Búho, S.R.L.

Impreso en República Dominicana

# Contenido

Glosario siglas.....	11
<b>I. Introducción .....</b>	<b>13</b>
<b>II. Antecedentes .....</b>	<b>15</b>
<b>III. Competencias institucionales en la gestión de residuos.....</b>	<b>17</b>
<b>IV. Conceptos y definiciones claves .....</b>	<b>19</b>
<b>Sobre los residuos y su clasificación .....</b>	<b>19</b>
<b>Sobre los instrumentos de gestión.....</b>	<b>21</b>
<b>Gestión integral de residuos sólidos .....</b>	<b>22</b>
<b>Generadores de residuos sólidos urbanos .....</b>	<b>23</b>
<b>V. Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos .....</b>	<b>25</b>
<b>Importancia del estudio de caracterización.....</b>	<b>25</b>
<b>VI. Etapas del Estudio de Caracterización .....</b>	<b>29</b>
<b>Etapa 1. Planificación del estudio .....</b>	<b>29</b>
Perfil del estudio y coordinación .....	29
Recursos humanos y materiales requeridos .....	31
<b>Etapa 2. Diseño del estudio .....</b>	<b>33</b>
Identificación de las fuentes de generación existentes en el municipio.....	33
Cálculo de muestras para residuos domiciliarios. ....	34
Cálculo de muestras para residuos no domiciliarios. ....	36
Determinación de la muestra para establecimientos comerciales e instituciones.....	38
Cálculo de muestras para residuos de instituciones educativas. ....	41
Cálculo de muestras para residuos de mercados. ....	41
Cálculo de muestras para residuos de barrido de calles y limpieza de espacios públicos.....	42
Selección, organización y capacitación del equipo de encuestadores.....	42
Realización de la encuesta.....	43
<b>Etapa 3. Trabajo de campo .....</b>	<b>43</b>
Recolección de la muestra .....	44
Pesaje de las muestras.....	44
Determinación de la composición .....	45
Cálculo de la densidad.....	46

Cálculo de contenido de humedad (opcional) .....	47
Limpieza del área y disposición final de residuos sólidos caracterizados .....	48
<b>Etapa 4. Procesamiento y análisis de datos</b> .....	48
Redacción de informe final .....	52
<b>VII. Ejemplo</b> .....	53
<b>VIII. Conclusiones</b> .....	63
<b>IX. Bibliografía</b> .....	65
<b>Anexos</b> .....	67
<b>Anexo 1.</b> Glosario .....	67
<b>Anexo 2.</b> Conceptos básicos de estadística: Cálculo de la muestra .....	72
<b>Anexo 3.</b> Modelo comunicación interna (memo) de presentación de la propuesta para el estudio .....	78
<b>Anexo 4.</b> Modelo comunicación para la selección de las viviendas - comercios .....	79
<b>Anexo 5.</b> Modelo comunicación para la selección de las instituciones .....	80
<b>Anexo 6.</b> Modelo comunicación al distrito para solicitud de encuestadores .....	81
<b>Anexo 7.</b> Encuesta a viviendas .....	82
<b>Anexo 8.</b> Información de la muestra .....	85
<b>Anexo 9.</b> Registro de pesos de muestra .....	86
<b>Anexo 10.</b> Densidad de residuos sólidos .....	87
<b>Anexo 11.</b> Ficha análisis de la composición física de los residuos .....	88
<b>Anexo 12.</b> Instrucciones para la realización del informe estudio .....	89



## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Cronograma sugerido para el estudio de Caracterización.....	30
<b>Tabla 2.</b> Tamaño de muestra recomendado según cantidad de viviendas del territorio.....	35
<b>Tabla 3.</b> Representatividad de la muestra por estrato socioeconómico .....	35
<b>Tabla 4.</b> Fuentes de generación no domiciliaria.....	36
<b>Tabla 5.</b> Ejemplo de clasificación de generadores no domiciliarios .....	37
<b>Tabla 6.</b> Tamaño de muestra recomendada de acuerdo a la cantidad de generadores del municipio.....	38
<b>Tabla 7.</b> Representatividad por fuentes de generación de residuos sólidos no domiciliarios ....	39
<b>Tabla 8.</b> Total de muestras por fuente de generación de residuos no domiciliarios.....	39
<b>Tabla 9.</b> Cantidad de establecimientos comerciales por tipo .....	40
<b>Tabla 10.</b> Total de muestras por tipo de establecimiento comercial .....	40
<b>Tabla 11.</b> Determinación de muestra de centros educativos .....	41
<b>Tabla 12.</b> Datos a levantar para muestreo de barrido de calles .....	42
<b>Tabla 13.</b> Formato recomendado para tabla de generación de residuos sólidos .....	48
<b>Tabla 14.</b> Datos del día cero anulado del estudio .....	49
<b>Tabla 15.</b> Validación de datos de cada vivienda.....	49
<b>Tabla 16.</b> Lista de viviendas con datos completos .....	50
<b>Tabla 17.</b> Cálculo de la generación per cápita de cada vivienda .....	50
<b>Tabla 18.</b> Ponderación GPC total.....	51'

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Cuarteo .....	46
<b>Figura 2.</b> Determinación Densidad.....	47



## Glosario siglas

CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
FAMSI	Fondo Andaluz de Municipios para la Solidaridad Internacional.
FEDODIM	Federación Dominicana de Distritos Municipales
FEDOMU	Federación Dominicana de Municipios
FENAMH	Federación Nacional de Alcaldes de Haití
FOCIMIRS	Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en el Manejo Integral de los Residuos Sólidos
GPC	Generación Per Cápita de Residuos
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
LMD	Liga Municipal Dominicana
MINERD	Ministerio de Educación
MIMARENA	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MSP	Ministerio de Salud Pública
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PMGIR	Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos
RSU	Residuos sólidos urbanos
SINGIR	Sistema Nacional para la Gestión Integral de los Residuos





## Introducción

La ley General de Gestión Integral y Coprocesamiento de Residuos Sólidos de la República Dominicana (225-20), tiene por objeto prevenir la generación de residuos, además de establecer el régimen jurídico de su gestión integral para fomentar la reducción, reutilización, reciclaje, aprovechamiento y valorización; regular los sistemas de recolección, transporte y barrido, los sitios de disposición final, las estaciones de transferencia, los centros de acopio y las plantas de valorización, con la finalidad de garantizar el derecho de toda persona a habitar en un medio ambiente sano, proteger la salud de la población y disminuir la generación de gases de efecto invernadero emitidos por los residuos.

Esto último está contemplado también en la Ley 1-12, de la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, en el cuarto eje estratégico que procura una sociedad con cultura de producción y consumo sostenibles, que gestiona con equidad y eficacia los riesgos y la protección del medio ambiente y los recursos naturales y promueve una adecuada adaptación al cambio climático, y en la **meta** 12.5 de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), que establece reducir de aquí a 2030 la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reutilización y reciclado.

El artículo 19 de la Ley 225-20 establece los instrumentos de política que incluyen los inventarios y diagnósticos de residuos. La misma ley en su artículo 22, define que *“los inventarios y el diagnóstico de los residuos son instrumentos de la política que tiene por objeto contar con información oportuna, actualizada y efectiva para la toma de decisiones de la Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos”*. Otro instrumento definido por la ley es el Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos (PMGIR) responsabilidad de los gobiernos locales. Para la realización de los mismos se requiere conocer la cantidad y tipo de residuos que deberá manejar, cuándo

y dónde se producen y cómo están compuestos. **Estas son las preguntas que se responden a través de un estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos.**

La presente guía se concibe en el marco de un proceso de colaboración y trabajo compartido entre el Fondo Andaluz de Municipios para la Solidaridad Internacional (FAMSI) y la Federación Dominicana de Municipios (FEDOMU). De manera concreta, la decisión de elaborar esta guía surge en la ejecución del proyecto “Refuerzo de las capacidades técnicas, institucionales y estratégicas y la localización de los ODS de las federaciones municipales de la República Dominicana y la República de Haití (FEDOMU, FENAMH)”, cofinanciado por la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional al Desarrollo (AACID), la Diputación de Huelva y la Diputación de Jaén. Concretamente, la propuesta se enmarca en la línea de acción dedicada al fortalecimiento de la capacidad de gestión de residuos en la zona fronteriza, un trabajo estratégico cuya continuidad se garantiza en un nuevo proyecto gestionado por FAMSI y FEDOMU titulado “Fortalecimiento de la gestión de residuos sólidos urbanos en la provincia de Dajabón”, financiado por la Diputación de Jaén y la Diputación de Huelva, en el que se asegura la distribución del contenido de este manual en los municipios de la zona fronteriza del norte del país.

La guía que aquí se presenta tiene el objetivo de explicar el procedimiento sugerido para realizar los estudios de caracterización en la República Dominicana. Su alcance es el abordaje metodológico paso a paso que los gobiernos locales deberán seguir para realizar dichos estudios. El cumplimiento cabal con este procedimiento permitirá garantizar que los datos levantados por los gobiernos locales sean una base fiable para el dimensionamiento de los sistemas de gestión (almacenamiento, recolección, transferencia, transporte, valorización y disposición final), y que además sean datos comparables, que puedan ser agregados como estadísticas a nivel regional y nacional.

La guía está elaborada en un lenguaje sencillo, con el objetivo de que pueda ser utilizada por técnicos con competencia en las áreas de aseo urbano, ornato, gestión ambiental, manejo de residuos o planificación en los distintos gobiernos locales del país. La información ha sido ordenada en los siguientes puntos:

- Antecedentes
- Estudio de caracterización
- Conceptos y definiciones clave
- Etapas para el Estudio de Caracterización:
  - o Planificación
  - o Diseño del estudio
  - o Trabajo de campo
  - o Procesamiento de los datos y control de calidad
- Ejemplos de cálculos y aplicaciones



## Antecedentes

Con el propósito de estandarizar una metodología para la realización de estudios de caracterización se han diseñado diversas guías, muchas de ellas tomando como base la Hoja de divulgación técnica Procedimientos Estadísticos para los Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) del 2005 (<https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39488>). Entre las más conocidas en el país se encuentra la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Ministerio del Ambiente del Perú publicada en 2018.

En la República Dominicana en el 2017, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en el marco del Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Institucional en el Manejo Integral de los Residuos Sólidos a Nivel Nacional en la República Dominicana (FOCIMIRS), implementado con fondos de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), publicó el Manual de Caracterización y Proyección de los Residuos Sólidos Municipales, como un importante instrumento de gestión para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de manejo y disposición final.

En el 2017 se realizaron, en el marco del Plan Dominicana Limpia, 37 estudios de caracterización de residuos sólidos. Estos fueron llevados a cabo por estudiantes de la maestría en Ingeniería Sanitaria y Ambiental del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC). Los maestrantes completaron la caracterización de 37 de los 50 municipios que formaban parte del Plan combinando las tres metodologías antes mencionadas.

Una vez aprobada la Ley 225 -20 y en el interés de desarrollar capacidades a nivel local para afrontar los desafíos que ella impone, la Liga Municipal Dominicana (LMD) en coordinación con el Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales (MIMARENA), la Federación Dominicana de Municipios (FEDOMU) y la Federación Dominicana de Distritos Municipales (FEDODIM), realizaron una capacitación de multiplicadores a nivel regional, que incluía un módulo teórico-práctico de caracterización de residuos en el cual se utilizó la guía FOCIMIRS; con el propósito de desarrollar capacidades en los territorios y contar con personal calificado que brinde acompañamiento técnico a los gobiernos locales.

Por último, a través del proyecto “Refuerzo de las capacidades técnicas, institucionales y estratégicas y la localización de los ODS de las federaciones municipales de la República Dominicana y la República de Haití (FEDOMU, FENAMH)”, que ha financiado la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional al Desarrollo (AACID), la Diputación de Huelva y la Diputación de Jaén; se reforzó la formación teórico-práctica sobre caracterización de residuos sólidos dirigida, esta vez, al personal técnico de los gobiernos locales de la zona fronteriza del Norte del país con el propósito de desarrollar capacidad técnica para que sean capaces de generar informaciones confiables sobre la generación y manejo de los residuos sólidos.

A partir de estas experiencias se tomó la decisión de redactar la presente guía, enfocada principalmente en los aspectos prácticos del proceso y dirigida al personal técnico municipal.





## Competencias institucionales en la gestión de residuos

Las instituciones que según el marco legal ambiental y municipal están vinculadas a la temática de residuos sólidos son: el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MIMARENA), el Ministerio de Salud Pública (MSP), el Ministerio de Educación (MINERD) y los gobiernos locales, la Liga Municipal Dominicana-LMD, la Federación Dominicana de Municipios (FEDOMU) y la Federación Dominicana de Distritos Municipales (FEDODIM). Este marco legal establece competencias fundamentales al Ministerio de Medioambiente y a los ayuntamientos y juntas de distritos.

La Ley 225-20 con el fin de prevenir la contaminación ambiental y proteger la salud humana, designa al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales como la autoridad rectora que tiene la potestad de regular, dirigir y controlar acciones vinculantes al tema de residuos, por lo cual le da la atribución para:

- Elaborar instrumentos de planeación y política;
- Expedir instrumentos legales;
- Establecer el registro para actividades relacionadas al manejo de residuos especiales y peligrosos;
- Brindar el apoyo técnico en la elaboración y aprobación de Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos (PMGIR);
- Elaborar reglamentos para cálculo de la tarifa;
- Establecer la aplicación de incentivos financieros a proyectos públicos, privados o mixtos;

- Promover la investigación científica y el desarrollo tecnológico;
- Diseñar programas de manejo de residuos priorizados;
- Imponer las medidas correctivas y sanciones.

En el Artículo 16 de la ley 225-20, se reitera lo expresado en el Artículo 106 de la Ley 64-00 donde establece que los **ayuntamientos son responsables de la gestión de los residuos sólidos municipales** y establece además que los ayuntamientos son responsables, entre otras, de las siguientes funciones:

- Establecer y aplicar en el ámbito de su demarcación, el Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos (PMGIR);
- Aprobar ordenanzas para regular la clasificación, recolección selectiva y disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU);
- Impulsar la valorización de los residuos;
- Fijar tasas y arbitrios por los servicios de manejo de RSU y realizar los cobros;
- Educar a la comunidad;
- Promover programas de separación en fuente y recolección selectiva.

Las demás instituciones tienen las atribuciones propias de su misión; así como ser miembro de instrumentos creados por la ley 225-20 tales como el Sistema Nacional para la Gestión Integral de los Residuos (SINGIR) y el Consejo Directivo del fideicomiso DO Sostenible.

# IV.

## Conceptos y definiciones claves

**E**n este capítulo se presentan las definiciones de interés para el tema abordado en la guía. Teniendo en consideración que sirvan de marco conceptual se agrupan según temas específicos.

### SOBRE LOS RESIDUOS Y SU CLASIFICACIÓN

**Residuos.** Es todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar. De acuerdo al artículo 6 de la Ley 225-20 se clasifican en residuos urbanos, peligroso y de manejo especial.

**Residuos sólidos urbanos.** Aquellos generados en las viviendas, resultantes de las actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, empaques o embalajes; los residuos con características similares a los generados en los domicilios, que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública; y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por la Ley 225-20 como residuos de otro tipo.

**Residuos orgánicos.** Se refieren a materiales que se descomponen de forma natural y no tardan largo tiempo en degradarse. Ejemplo: cáscaras de frutas, vegetales, comida procesada, podas y restas de plantas.

**Residuos inorgánicos.** Residuos que no provienen de la materia orgánica, sino que ha sido fabricada por el hombre, y que por sus características químicas no se descomponen de forma

natural o tardan largo tiempo en degradarse. Ejemplo: botellas de plásticos y de vidrio, latas de aluminio, cajas de cartón, envases y embalajes de alimentos.

**Residuos valorizables.** Aquellos que tienen un valor comercial, con posibilidad de ser utilizados como material o para producción de energía, obteniendo de ellos un valor mediante su aprovechamiento. Ejemplo: plásticos que se conviertan en resina mediante reciclaje, botellas de vidrio que se reciclen y conviertan nueva vez en botellas, neumáticos que mediante coprocesamiento se usen como combustible, residuos orgánicos que mediante la extracción de biogás puedan producir energía.

**Residuos no valorizables.** Aquellos que, por las condiciones de mercado existentes, por el desarrollo de la tecnología o por condiciones sanitarias no es posible su aprovechamiento. Ejemplo: pañales desechables usados y cualquier material que aun siendo reciclable no se pueda reciclar en la República Dominicana ni exportarse, y por tanto no haya posibilidad de valorizar el mismo.

**Residuos no domiciliarios.** Son aquellos que no son generados en el hogar, se generan en las industrias, comercios, actividades de construcción, actividades agrícolas, limpieza de espacios públicos, centros de salud, etc. Ejemplo: residuos generados en una cafetería como envases desechables, restos de comida.

**Residuos peligrosos.** Son aquellos conocidos como residuos CRETIB, ya que poseen una o más de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o biológicos infecciosos, así como envases, recipientes, embalajes que hayan sido contaminados con residuos peligrosos.

**Residuos de manejo especial.** Son los que se derivan de los productos considerados prioritarios en virtud de la Ley 225-20, que estén sujetos al principio de responsabilidad extendida, los generados en los procesos productivos, que no son peligrosos y que tienen características de gran volumen, difícil manejo, o aquellos que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Tipos de residuos de manejo especial:

- 1) Los productos fuera de especificación, insumos deteriorados, restos, rechazados, mermas y otros residuos sólidos generados en los procesos productivos industriales, comerciales y de servicios, que sean considerados como residuos no peligrosos;
- 2) Residuos de servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los residuos biológicos e infecciosos;
- 3) Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades y los derivados del sacrificio de animales; considerados como no peligrosos;

- 4) Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas; considerados como no peligrosos;
- 5) Lodos provenientes del tratamiento de aguas urbanas o industriales no peligrosas;
- 6) Residuos eléctricos y electrónicos provenientes de los productos usados, caducados o retirados del comercio, que requieren de corriente eléctrica o campos electromagnéticos para su operación o funcionamiento, incluyendo sus aditamentos, accesorios, periféricos, y consumibles que los componen;
- 7) Residuos de la construcción, mantenimiento o demolición en general;
- 8) Residuos de neumáticos;
- 9) Los generados por grandes generadores;
- 10) Los sujetos a programas de responsabilidad extendida;
- 11) Las chatarras;
- 12) Residuos generados de eventos masivos (propaganda, espectáculos, pancartas, carteles, volantes, etc.).

## **SOBRE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN**

**Gestión integral.** Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, administrativas, sociales, educativas, de planeación, supervisión, monitoreo y evaluación para el manejo adecuado de los residuos en todas sus etapas, desde su generación hasta su reaprovechamiento o disposición final, con criterios de prevención, minimización y ecoeficiencia en cada una de ellas.

**Plan municipal para la gestión integral de residuos.** Instrumento que orientará las acciones de los ayuntamientos para la gestión integral de residuos sólidos en el municipio; se elaborarán a partir de los lineamientos del Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos (PLANGIR), conforme a la demarcación territorial de cada municipio o distrito municipal y se deben formular en coordinación con los actores públicos y sociales del territorio, contando con el apoyo técnico del Ministerio de Medio Ambiente y de la Liga Municipal Dominicana. Estos planes podrán ser formulados en forma mancomunada entre dos o más municipalidades.

**Los instrumentos económicos.** Son herramientas de políticas públicas, cuyo objetivo es incentivar la participación de los diversos sectores de la sociedad en la gestión de los residuos, generar las necesidades de inversión, la incorporación del mercado de reciclaje a la economía formal, la inclusión de empresas sociales, y generación de empleos, así como la investigación y desarrollo tecnológico para la prevención en la generación de residuos.

## GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

**Manejo integral de residuos sólidos.** Las actividades de barrido, separación en la fuente, almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, acopio, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, y disposición final de residuos, realizadas individualmente o combinadas, adaptado a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental y tecnológica.

**Almacenamiento.** Es el depósito temporal de residuos con carácter previo a su entrega al servicio de recolección y transporte y valorización o disposición final.

**Separación (también llamado Separación en la fuente).** Procedimiento mediante el cual se evita desde la fuente generadora que se mezclen los residuos, para facilitar el aprovechamiento de materiales valorizables. Es obligatorio que el generador de residuos sólidos urbanos realice de forma progresiva la separación de los residuos al momento de su generación, de acuerdo a los tipos de residuos definidos por la ley en material orgánico e inorgánico.

**Recolección selectiva.** Sistema de recolección diferenciada de distintos tipos de residuos que permite valorizar de mejor manera los residuos recibidos.

**Estación de transferencia.** Instalación en la cual se descargan y transfieren los residuos sólidos de un vehículo de menor capacidad a otro de mayor capacidad para posteriormente transportarlos al sitio de disposición final, planta de valorización o coprocesamiento.

**Centro de acopio.** Es un lugar donde se reciben y almacenan residuos con valor comercial, sujetos a procesos de valorización.

**Valorización.** Conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es el aprovechamiento de los recursos, sean materiales o energéticos contenidos en los residuos, que representen un beneficio económico, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicio al medio ambiente.

**Aprovechamiento.** Proceso industrial o manual mediante el cual los materiales recuperados de los residuos se incorporan al ciclo económico y productivo en la cadena de valor, sea como insumos de proceso o energía; sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

**Disposición final.** Proceso de depositar los residuos sólidos urbanos que ya no pueden ser valorizables, mediante técnicas de ingeniería para evitar la contaminación, daños y riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

**Relleno sanitario.** Es un método de disposición final que consiste en colocar los residuos en un lugar previamente impermeabilizado, compactar y cubrir mediante técnicas de ingeniería, con lo cual se prevén y controlan los impactos que puedan causar los líquidos y gases producidos

por efecto de la descomposición de la materia orgánica, con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.

**Composta.** Es un abono orgánico que se forma por la degradación microbiana de materiales acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición en presencia de oxígeno.

**Coprociamiento.** Integración ambientalmente segura de los residuos y materiales a un proceso de producción distinto del que los generó, con la finalidad de ser aprovechado como energía o como materia y reducir en consecuencia el uso de combustibles fósiles y materias primas convencionales mediante sustitución.

**Incineración.** Es una técnica de tratamiento de residuos que permite reducir su volumen, su peso y modificar su composición. Consistente en someter los residuos a un proceso de oxidación a elevada temperatura. A través del calor, los componentes orgánicos de los desechos reaccionan con el oxígeno del aire y se transforman en dióxido de carbono y agua, siendo posible obtener de este proceso energía térmica y/o eléctrica.

**Plantas de valorización energética.** Son las plantas en que se emplean los residuos con la finalidad de aprovechar su poder calorífico, para la producción de energía.

**Recicladores de base.** Personas que de forma dependiente o independiente se dedican a las actividades de recolección y separación diferenciada de los residuos sólidos urbanos en la calle, centros de acopio, sitios de disposición final a cielo abierto, para su comercialización. Tradicionalmente trabajan de manera informal y en la República Dominicana son llamados comúnmente “buzos”.

**Economía Circular.** Es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende.

## GENERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

**Generador.** Persona física o jurídica, pública o privada, que, como resultado de sus actividades produce residuos al desarrollar procesos productivos, servicios, comercialización, importación y de consumo entre otros. Se clasifican en:

**Microgenerador.** Persona física o jurídica en un establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos (400) kilogramos (equivalente a 882 libras) en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

**Pequeño generador.** Persona física o jurídica que genere una cantidad igual o mayor a cuatrocientos (400) kilogramos y menor a diez (10) toneladas (equivalente 22,046 libras) en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

**Gran generador.** Persona física o jurídica que genere una cantidad igual o superior a diez (10) toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

**Generación Per Cápita de Residuos (GPC).** Es la cantidad de residuos sólidos promedio que una persona genera en un día. Se expresa en kilogramos de residuos sólidos por persona por día.



# V.

## Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos

**E**l estudio de caracterización es un estudio de campo cuyo objetivo es determinar la cantidad y composición de los residuos sólidos que son generados en un determinado ámbito geográfico por diferentes tipos de fuentes: doméstica, comercial, institucional, mercados, centros educativos y barrido de calles. Esta guía presenta la metodología para la caracterización de estos tipos de residuos, que son denominados como municipales.

### IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN

En la República Dominicana, a partir de la promulgación de la Ley 225-20 todos los gobiernos locales tienen la responsabilidad de hacer una gestión integral de los residuos sólidos urbanos (RSU), que requiere principalmente de una efectiva planificación, en la que se enmarca, el Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos (PMGIR).

**El PMGIR deberá enunciar objetivos y metas en materia de gestión de RSU, y definir las acciones que se llevarán a cabo para lograr esas metas y objetivos.**

Es aquí donde se visualiza la necesidad de tener datos de generación y caracterización de los residuos para poder hacer buenos planes. Se deben promover planes que no sean simples expresiones de buenas intenciones, sino que sean instrumentos para la gestión.

Los estudios de caracterización de residuos pueden dar los siguientes tipos de informaciones:

- Cantidad de residuos domiciliarios generados por persona, por día (generación per cápita), por nivel socioeconómico.

- Cantidad de residuos generados en comercios e instituciones. Dependiendo de cómo se diseñe el estudio pueden ser resultados por tipo de comercio/institución. Los datos pueden presentarse también como generación por persona/día, de manera que puedan ser agregados para generar un estimado de generación total de RSU.
- Composición de los residuos domésticos, comerciales e institucionales, por tipo de residuo (orgánicos, plásticos, papel, vidrio, papel, cartón, metal, etc.). Si para el ayuntamiento es importante conocer detalles dentro de los tipos generales, pueden subclasificarse (por ejemplo: Plásticos PET, HDPE, PVC, etc.).
- Densidad suelta y compactada (es decir, cuánto pesa un cierto volumen de residuos). Este es el dato fundamental en el cálculo de la cantidad de camiones/contenedores, y en el dimensionamiento de los rellenos sanitarios.
- Humedad y otras características químicas. No todos los estudios de caracterización llegan hasta este nivel de detalle. Esta información es útil para calcular la cantidad de lixiviado y biogás que será producida en un relleno sanitario; también sirve para estimar el valor como abono que tendrá el composta o los lodos de biodigestión.

Típicamente, el proceso de gestión de residuos se concibe en cinco etapas principales: 1) Generación, 2) Almacenamiento, 3) Recolección y transporte, 4) Tratamiento o valorización y 5) Disposición final.

La **generación** es la parte del proceso más conocida por la población. Los residuos son producidos por las personas en los hogares, comercios u oficinas. Para lograr la valorización efectiva de los residuos, la etapa de generación debería incluir separación de los residuos por clases, para que puedan ser aprovechados posteriormente. También es parte de esta etapa la educación ciudadana para reducir la cantidad de residuos generados.

El **almacenamiento** de residuos sólidos es la acción que realizan los generadores, previo a la entrega al recolector; generalmente en las viviendas y establecimientos se realizan dentro del domicilio en fundas y/o cubos; en edificios y condominios el almacenamiento se realiza en un espacio definido y cerrado dentro del dominio privado, generalmente en fundas y tanques.

La **recolección y transporte** consiste en la acción de retirar los residuos de la fuente de generación y luego llevarlos hasta la estación de transferencia, sitio de disposición final o planta de valorización. Es usualmente una de las principales operaciones de los ayuntamientos y juntas de distrito. Optimizar las rutas y equipos de recolección puede representar ahorros, y una mayor satisfacción con el servicio por parte de los ciudadanos.

El **tratamiento o valorización** son las operaciones donde se separan y empacan residuos con valor económico para su reciclaje (por ejemplo, la segregación de cartón o plásticos por tipos para reciclaje), o donde se transforman residuos en productos con valor económico (por

ejemplo, la producción de humus por lombrí compostaje de residuos). El tratamiento puede implicar también la reducción del potencial contaminante del residuo (por ejemplo, la incineración de residuos infecciosos). También se considera valorización la obtención de energía a partir de los residuos, la cual se puede hacer a través de diversas tecnologías (por ejemplo, el coprocesamiento de residuos sólidos en plantas de fabricación de cemento).

Finalmente, aquellos residuos que no fue posible reducir, reciclar o revalorizar, deben ser dispuestos de manera segura, minimizando los impactos negativos a la salud humana y al medio ambiente. Formas seguras de **disposición final** incluyen los rellenos sanitarios (tanto mecánicos como manuales) y la incineración en instalaciones adecuadas, que alcancen las temperaturas necesarias para destruir los residuos y que tengan los mecanismos de control de emisiones que garanticen la protección de la calidad del aire. La simple quema a cielo abierto o en hornos de baja temperatura no es una forma segura de disposición final. Cuando se opta por incineración es necesario disponer también de un relleno sanitario de seguridad para las cenizas, las cuales son clasificadas como un residuo peligroso.

### **Ejemplo de utilización Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos**

Un ayuntamiento puede indicar que su objetivo es reducir la cantidad de residuos sólidos que llegan al vertedero en un 30% en los próximos tres años. Pero no hay una balanza a la entrada del vertedero. Tampoco los gobiernos locales conocen cuántos residuos genera cada familia, ni cada comercio o institución dentro de su jurisdicción. Para poder definir acciones concretas que lleven al logro del objetivo enunciado, los gobiernos locales necesitan datos.

- Datos de generación (por ejemplo, cuántos kilogramos de residuo genera cada habitante).
- Datos sobre el destino de los residuos (por ejemplo, cuántas personas queman sus residuos o los usan para alimentar cerdos).
- Datos sobre el porcentaje de residuos que podrían ser destinados a valorización (por ejemplo, residuos de alimentos que se pueden compostar) o porcentaje de residuos que deben ir a otro destino final (por ejemplo, residuos bio-infecciosos que deben llevarse a una facilidad especializada para tratarlos).

Otro ayuntamiento puede decidir que uno de sus objetivos será separar para reciclaje un 50% del plástico generado en el municipio en un año. Para poder dimensionar las facilidades de almacenamiento temporal de los plásticos y de separación por tipo, es necesario conocer la cantidad generada por tipo de plástico y por día.

Para saber si el municipio podrá convertir esto en una fuente de ingresos o si por el contrario deberá invertir para mantener el programa, es necesario conocer la cantidad generada por tipo e identificar el mercado que existe para cada tipo de plástico. Si se plantea hacer un programa de separación de plástico en el origen, para poder calcular la cantidad de camiones y la ruta de recolección de plásticos, se necesita saber cuánto genera cada persona/familia por día, y cómo varía esta distribución en los barrios según su nivel socioeconómico.

Los datos del estudio de generación y caracterización también pueden ser usados para optimizar rutas y frecuencia de recolección. Al tener datos de generación por persona por día, y además por nivel socioeconómico, los gobiernos locales pueden calcular rutas óptimas que mantengan a los usuarios felices, la ciudad limpia y el presupuesto en verde.

# VI.

## Etapas del Estudio de Caracterización

### ETAPA 1. PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO

**E**n esta etapa se darán los pasos necesarios para asegurarse que el estudio de caracterización podrá ser desarrollado cumpliendo con todos los elementos de la metodología. Si la iniciativa de realizar el estudio surge de un técnico municipal, esta etapa incluye el realizar una presentación de explicación y motivación al alcalde/alcaldesa para tener su aprobación a la realización del estudio.

También en esta etapa se integrarán los miembros de los diferentes niveles de decisión del gobierno local, definiendo la participación y responsabilidades de las diversas áreas. Además, se establecerán las alianzas que sean necesarias con instituciones públicas y privadas, como medio ambiente, educación, organizaciones locales (tales como las juntas de vecinos y las asociaciones comerciales), entre otros.

#### ■ Perfil del estudio y coordinación

a) Elaborar un **perfil del estudio** con las siguientes informaciones:

- Descripción y alcance de la actividad
- Personal necesario
- Material y equipo de trabajo
- Procedimiento a seguir

- Presupuesto
- Plan de trabajo/cronograma (ver tabla 1)

**Tabla 1. Cronograma sugerido para el estudio de Caracterización**

Actividades	SEMANAS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Coordinar con las autoridades y funcionarios del gobierno local	X														
Identificar generadores domiciliarios y no domiciliarios		X													
Determinar el tamaño de la muestra por tipo de generador (total y por estratos para domicilios)		X													
Identificar las zonas de muestreo según estrato socioeconómico y por tipo de generador		X													
Determinar recursos humanos y materiales necesarios para trabajo de campo			X												
Determinar recursos económicos (presupuesto)			X												
Gestionar los recursos para el estudio				X	X										
Organizar y capacitar al equipo de trabajo						X	X								
Distribuir y asignar las zonas de muestreo a los diferentes miembros del equipo								X							
Informar y sensibilizar a los participantes del estudio									X						
Empadronar a participantes, codificar muestra y aplicar encuesta									X						
Recolectar muestras domiciliarias										X					
Recolectar muestras no domiciliarias											X				
Determinar parámetros										X	X				
Procesar y analizar los resultados											X	X			
Redactar el informe del estudio													X		
Presentar el informe preliminar del estudio														X	
Corregir observaciones del informe de estudio														X	
Presentar el informe final del estudio															X

- b) **Presentación al alcalde/alcaldesa.** Se remite una comunicación o se realiza una presentación, al alcalde o alcaldesa para presentar el perfil del estudio y obtener su visto bueno.
- c) **Reunión de socialización.** Se realiza una reunión de socialización y coordinación con las áreas de planificación, unidad de gestión ambiental, aseo u ornato y la instancia de acción comunitaria (según la estructura del gobierno local).

## ■ Recursos humanos y materiales requeridos

### Recursos humanos

**A. Coordinador/a del estudio:** Debe ser un empleado/funcionario municipal con competencias y/o habilidades técnicas en planificación y/o estadística.

#### Funciones principales:

- Dirigir y planificar las actividades
- Procurar la logística
- Coordinar reuniones
- Sistematizar la información necesaria
- Capacitar a todo el personal (encuestadores, choferes, recolectores, operarios)
- Adaptar los formatos e imprimirlos (ver anexos 7 al 11)
- Coordinar preparación de materiales
- Supervisar las actividades de campo y el uso adecuado de los equipos y materiales
- Velar por el desarrollo de los procedimientos
- Organizar los datos del estudio
- Analizar los datos y redactar el informe

**B. Supervisor/a de campo:** Puede ser un empleado municipal conocedor del territorio, una persona organizada, responsable y con buenas habilidades de comunicación. Su principal función será el registro de los datos de campo en los formatos correspondientes. Además, verificará que se realizan las rutas correctamente para las encuestas y para la recogida de la muestra. Deberán estar preparados para resolver cualquier inconveniente surgido en el trabajo de campo.

**C. Equipo de encuestadores:** Deberán tener habilidades de comunicación y buen trato, sensibilidad ambiental, responsabilidad y honestidad. Pudieran considerarse a estudiantes de nivel secundario, como parte de las actividades de sesenta (60) horas de Bienestar Social y Comunitario (ordenanza 4-88, MINERD) para que apoyen en la realización de las encuestas o, en su defecto, técnicos municipales con nivel de instrucción de nivel medio (bachillerato).

La cantidad de encuestadores dependerá del tamaño de la muestra, con un mínimo de cinco (5) personas.

### Funciones principales:

- Visitar las viviendas y establecimientos incluidos en la muestra para empadronarlos en el estudio.
- Aplicar la encuesta (ver anexo 7 modelo de encuesta).
- Entregar las fundas a las casas y establecimientos a muestrear.
- Digitar las encuestas realizadas.
- Reportar al coordinador/a del estudio cualquier incidente o situación encontrada durante el proceso de encuestas.

**D. Equipo de recolección, pesaje y clasificación:** Estará compuesto por un chofer y dos o tres obreros del gobierno local (acompañados por un supervisor de campo).

### Funciones principales:

- Realizar ruta de recolección por las zonas asignadas.
- Recoger las fundas en las viviendas y establecimientos correspondientes, colocando a cada una la etiqueta con el código correspondiente.
- Pesar las fundas y registrar los pesos.
- Transportar los residuos hasta el área acondicionada para la caracterización.
- Separar los residuos y pesar las categorías.
- Apoyar en la determinación de la densidad, muestras para humedad, entre otros.

### Lista sugerida de materiales:

Lona plástica de 2 x 3 metros
Fundas negras de 55 galones (8 días multiplicado por la cantidad del número de muestras)
100 fundas negras de 30 galones (para 8 días de clasificación)
Tanque de 55 galones (para medir la densidad)
Cinta métrica de 3 metros
Balanza (peso) mecánica o digital
Mascarillas (2 por persona por día para 8 días)
Guantes de seguridad
Palas
Rastrillo
Camiseta de la institución y carnets de identificación para todo el equipo
Camión o camioneta para recolección
Combustible
Agua para los miembros del equipo de campo
Materiales de oficina
Copias de cartas para vecinos



Copias de cartas para representantes de establecimientos, instituciones, etc.
Copias de los formatos de encuestas
Copias de los formatos de registro de datos de caracterización
Plano/mapa del municipio o distrito municipal y de las rutas de recolección
Tableros de madera
Etiquetas (stickers) para las fundas y para las viviendas y establecimientos
Lapiceros, marcadores de tinta permanente, cinta pegante o masking tape, tijeras
Materiales de difusión: volantes, afiches, otros.
Equipo de cómputo para digitalizar los datos

## ETAPA 2. DISEÑO DEL ESTUDIO

Antes de iniciar el trabajo de campo es de suma importancia realizar un diseño cuidadoso en la determinación de la población y muestras de cada tipo de generador para asegurar que el estudio cumpla con los niveles de calidad requeridos.

### Identificación de las fuentes de generación existentes en el municipio.

El primer paso que debe llevarse a cabo en la etapa de diseño, es la identificación de los tipos de fuentes de generación de residuos sólidos que están presentes en el municipio. Esto es importante porque definirá la cantidad de muestras que deberán ser computadas y colectadas por cada tipo de generador. En un municipio pueden estar presentes los siguientes tipos de generadores:

- A) Domiciliario. Se refieren a los residuos generados por las viviendas (ya sea en casas individuales o apartamentos).
- B) No domiciliario
  - a. Comerciales; se refiere a los residuos generados por comercios como colmados, salones de belleza, supermercados, restaurantes, etc. Deberá determinarse si alguno de estos generadores puede considerarse como un **Gran generador**.
  - b. Instituciones públicas o privadas; oficinas del gobierno, bancos, iglesias, etc.
  - c. Centros educativos; residuos generados por colegios privados, escuelas, universidades, academias e institutos.
  - d. Mercados; residuos de mercados al por mayor o al detalle.
  - e. Barrido de calles; residuos provenientes del barrido de calles y limpieza de espacios públicos.

A continuación, se muestra el procedimiento para calcular la muestra en cada tipo de generador presente en el municipio.

## Cálculo de muestras para residuos domiciliarios.

Para realizar la caracterización de los residuos domiciliarios, deberá calcularse la cantidad de viviendas que participarán en el estudio, en otras palabras, la muestra. Para determinar la muestra debe llevarse a cabo el siguiente procedimiento.

- 1) **Determinación de la población total del municipio.** En primer lugar, es necesario conocer el número de personas y viviendas que componen el municipio. Estos datos se pueden obtener del Censo de Población y Viviendas realizado por la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE). A la fecha el censo más reciente es el del 2010. [https://censo2010.one.gob.do/resultados/Resumen\\_resultados\\_generales\\_censo\\_2010.pdf](https://censo2010.one.gob.do/resultados/Resumen_resultados_generales_censo_2010.pdf)
  - a. Proyección de la población. Como el censo más reciente fue realizado en el 2010, es necesario actualizar el tamaño de la población al año de realización del estudio.
- 2) **Cálculo de la muestra.** El tamaño de la muestra se debe calcular utilizando la siguiente fórmula estadística.

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1) E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

n = número de viviendas a muestrear  
N = total de muestra del área del estudio  
Z = nivel de confianza 95%, Z = 1.96  
 $\sigma$  = desviación estándar = 0.25 Kg./ hab. / día  
E = el error permisible es el 10% de la media nacional de 1.0 Kg./hab/día

En experiencias anteriores en República Dominicana se han presentado inconvenientes e inconsistencias con el uso de esta fórmula. En ese aspecto, la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Ministerio de Medio Ambiente de Perú igualmente señala que se han presentado algunas dificultades a la hora de aplicar la fórmula de determinación del tamaño muestral. Por lo tanto, con el objetivo de facilitar este cálculo recomiendan el uso de la tabla 2 en función de la cantidad de viviendas del territorio.

**Tabla 2. Tamaño de muestra recomendado según cantidad de viviendas del territorio**

Rango de viviendas (N)	Tamaño de Muestra (n)	Muestra de contingencia (20% de n)	Total de muestras domiciliarias
Hasta 500 viviendas	45	9	54
De 501 hasta 1000 viviendas	71	14	85
De 1001 hasta 5000 viviendas	94	19	113
De 5001 hasta 10,000 viviendas	95	19	114
Más de 10,000 viviendas	95	23	119

Fuente: Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales. Ministerio de Medio Ambiente de Perú, 2018

Se conoce como *muestra de contingencia* aquel valor que permite eliminar datos anormales sin necesidad de afectar la confiabilidad estadística de la muestra. En este caso se ha considerado un 20% con respecto al total de las muestras halladas.

**3) Distribución de la muestra por estratos socioeconómicos.** Después de conocer la cantidad de viviendas que deben participar en el estudio, es requerido clasificar estas viviendas de acuerdo a los estratos socioeconómicos presentes en el municipio.

- **Ejemplo.** Si un municipio cuenta con 800 viviendas, y tienen un 20% de clase alta, 50% de clase media y 30% de clase baja; esa misma proporción debe mantenerse en la muestra. La muestra será de 85 viviendas (según tabla 2) y estarán repartidas de la siguiente manera:

**Tabla 3. Representatividad de la muestra por estrato socioeconómico**

Nivel/estrato socioeconómico	Representatividad (%)	Cálculo	Total de muestras por zona
Alto	20%	$85 \times 20\% = 17$	17
Medio	50%	$85 \times 50\% = 42.5$	43
Bajo	30%	$85 \times 30\% = 25.5$	26

**4) Asignación de muestra por estratos socioeconómicos.** Una vez determinada la cantidad de viviendas de cada estrato socioeconómico que debe ser muestreada, se procede a ubicar los sectores del municipio que cumplan con esas características. La información del nivel socioeconómico por sectores puede ser encontrada en el Censo/ONE. De no existir esta información pueden seleccionarse las viviendas de acuerdo a sus características de construcción.

Para facilitar esta distribución se recomienda utilizar un mapa del municipio en el cual se identifiquen cuales sectores pertenecen a cada estrato. Para la selección de las muestras de viviendas se deben descartar los sectores con alta presencia de comercios o industrias. Asimismo, es importante asegurar que las muestras sean seleccionadas de forma aleatoria. Esto se puede hacer de varias formas. Una primera forma sería haciendo una lista de Excel de las calles y los números de viviendas y generando números aleatorios.

Si se dificulta de la forma anterior, se podría simplemente numerar las calles en pequeños pedazos de papel y colocarlos en una funda y sacarlos aleatoriamente. De igual forma se puede proceder con el número de las viviendas, hasta completar la cantidad que debe conformar la muestra. Esta selección se valida en la fase de campo, una vez las viviendas aceptan participar en el estudio.

Cuando se haya completado la cantidad de viviendas por cada estrato socioeconómico se procede a trazar la ruta que deberá llevarse a cabo diariamente para recolectar los residuos de la muestra.

### **Cálculo de muestras para residuos no domiciliarios.**

Previo a calcular el tamaño y la composición de la muestra de los generadores no domiciliarios, es recomendable que el municipio conozca la clasificación y el tamaño de dichos generadores. En otras palabras, que tenga elaborado un censo que incluya la cantidad, tipo y su tamaño. En la tabla 4 se muestra un ejemplo de los tipos de fuentes de generación que pueden existir en el municipio.

**Tabla 4. Fuentes de generación no domiciliaria.**

<b>Fuentes de generación</b>	<b>Tipos</b>
Establecimientos comerciales	Colmados
	Librerías
	Ferreterías
	Farmacias
	Restaurantes
	Hoteles, hospedajes, hostales, etc.
	Salones de belleza
	Centros de entretenimiento (cines, discotecas, etc.)

Fuentes de generación	Tipos
Instituciones públicas y privadas	Entidades públicas y privadas
	Iglesias
	Bancos
	Oficinas administrativas
Instituciones educativas	Escuelas públicas
	Colegios privados
	Universidades
	Institutos
	Academias
Mercados	Mayoristas
	Minoristas

Fuente: Adaptado de la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Ministerio de Medio Ambiente de Perú

Después de tener listados los tipos de establecimientos, es necesario determinar la cantidad existente de cada uno de ellos. En la tabla 5 se incluye un ejemplo de esa cuantificación para fines de cálculo de la muestra

**Tabla 5. Ejemplo de clasificación de generadores no domiciliarios**

Fuente de generación de residuos sólidos	Cantidad de establecimientos
Establecimientos comerciales	80
Restaurantes	10
Hoteles	5
Instituciones públicas y privadas	20
Instituciones educativas	15
Mercado	1
<b>Total</b>	<b>123</b>

Después de obtenida la cantidad de generadores no domiciliarios del territorio con sus respectivas cantidades, se procede a determinar el tamaño de la muestra que será estudiada utilizando la tabla 6.

**Tabla 6. Tamaño de muestra recomendada de acuerdo a la cantidad de generadores del municipio**

Rango de total de fuentes de generación no domiciliarios	Tamaño de muestra (n)	Muestras de contingencia	Total de muestras no domiciliarias
Menor a 50 generadores	$n < 50$	0	Es igual a n
Más de 50 y hasta 100	50	10	60
De 101 a 250	70	14	84
De 251 a 500	81	16	97
De 501 a 1000	88	18	106
De 1001 en adelante	88	22	110

Fuente: Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Ministerio de Medio Ambiente de Perú

Continuando con el ejemplo planteado en la tabla 5, si el municipio tiene 123 generadores no domiciliarios, la muestra deberá estar conformada por 84 generadores (70 + 14 muestra de contingencia), según la tabla 6.

Luego de determinar el tamaño de la muestra de establecimientos comerciales e instituciones, la misma debe distribuirse de acuerdo a la fuente de generación, que deben disgregarse en clases de modo que se pueda cubrir la mayor parte posible de la variabilidad existente en cada una de ellas.

### **Determinación de la muestra para establecimientos comerciales e instituciones**

A continuación, se muestra en la tabla 7, un ejemplo para calcular la muestra de establecimientos comerciales e instituciones públicas y privadas, a partir del ejemplo de la tabla 5 anterior (no incluye los centros educativos ni los mercados).

Primero se calcula el total de los tres tipos de fuentes de generación considerados (establecimientos comerciales, e instituciones públicas y privadas), con un resultado de 107. A seguidas se calcula el porcentaje que representa cada uno del total de establecimientos del municipio; para el ejemplo considerado (tabla 5) se tienen 80 establecimientos comerciales, que representan el 75% del total.

**Tabla 7. Representatividad por fuentes de generación de residuos sólidos no domiciliarios**

Fuentes de generación de residuos sólidos no domiciliarios	Cantidad total de fuentes de generación no domiciliaria del municipio	Representatividad
Establecimientos comerciales	80	$(80/107) * 100 = 74.77 \sim 75\%$
Restaurantes	10	$(10/107) * 100 = 9\%$
Hoteles	5	$(5/107) * 100 = 4.67 \sim 5\%$
Instituciones públicas y privadas	12	$(12/107) * 100 = 11.2 \sim 11\%$
<b>Total</b>	<b>107</b>	<b>100%</b>

De acuerdo al total de muestra sugerido en la tabla 6, la muestra debe ser de 84. Después se desagrega la cantidad por tipo de generador, como se muestra en la tabla 8.

**Tabla 8. Total de muestras por fuente de generación de residuos no domiciliarios**

Fuentes de generación de residuos sólidos	Representatividad	Cálculo	Total de muestras por fuente de generación
Establecimientos comerciales	75%	$75\% * 84$	63
Restaurantes	9%	$9\% * 84$	7.56~8
Hoteles	5%	$5\% * 84$	4.2~4
Instituciones públicas y privadas	11%	$11\% * 84$	9.24~9
<b>Total</b>			<b>84</b>

Después se procede a subdividir la muestra de establecimientos comerciales según su tipo. Según el ejemplo, en la tabla 8 se deben muestrear 63 establecimientos comerciales, de los 80 existentes (tabla 5). Suponiendo que el censo de establecimientos comerciales es como se muestra en la tabla 9 en el municipio existen 20 colmados, 10 salones de belleza, 5 farmacias, 3 ferreterías

**Tabla 9. Cantidad de establecimientos comerciales por tipo**

Tipo de establecimiento comercial	Cantidad
Colmados	20
Farmacias	10
Ferreterías	5
Salones de belleza	10
Barbería	3
Bancas de apuesta	15
Heladería	5
Cine	2
Panadería	7
Librería	3
<b>Total</b>	<b>80</b>

A continuación, se determina el total de muestra por tipo de establecimiento. En otras palabras, la cantidad de comercios que deberá muestrearse por cada tipo.

**Tabla 10. Total de muestras por tipo de establecimiento comercial**

Tipo de comercio	Cantidad	Representatividad	Total de muestra por tipo
Colmados	20	$(20/80) * 100 = 25\%$	25% de 63 = 15.75~16
Farmacias	10	$(10/80) * 100 = 12.5\%$	12.5% de 63 = 7.88~8
Ferreterías	5	$(5/80) * 100 = 6.25\%$	6.25% de 63 = 3.94~4
Salones de belleza	10	$(10/80) * 100 = 12.5\%$	12.5% de 63 = 7.88~8
Barbería	3	$(3/80) * 100 = 3.75\%$	3.75% de 63 = 2.36~2
Bancas de apuesta	15	$(15/80) * 100 = 18.75$	18.75% de 63 = 11.81~12
Heladería	5	$(5/80) * 100 = 6.25$	6.25% de 63 = 3.94~4
Cine	2	$(2/80) * 100 = 2.5$	2.5% de 63 = 1.58 ~ 2
Panadería	7	$(7/80) * 100 = 8.75$	8.75% de 63 = 5.51 ~ 6
Librería	3	$(3/80) * 100 = 3.75\%$	3.75% de 63 = 2.36~2
<b>Total</b>	<b>80</b>		<b>64</b>

Para la selección de los establecimientos se puede proceder de manera similar a la muestra domiciliaria; numerar los establecimientos en una lista de Excel y después seleccionarlos utilizando la función de generar números aleatorios. Esta selección se valida en campo confirmando el interés de los establecimientos seleccionados en participar del estudio.



### Cálculo de muestras para residuos de instituciones educativas.

De forma similar a los establecimientos comerciales, para determinar la cantidad de instituciones educativas que deberán ser muestreadas, el gobierno local deberá contar con una lista completa de estos centros clasificados por tipo: escuelas públicas, colegios privados o instituciones de educación superior. La lista de centros educativos de nivel primario y secundario por municipio se encuentra disponible en el portal del Ministerio de Educación (MINERD) en el siguiente enlace <https://www.ministeriodeeducacion.gob.do/transparencia/listado-de-centros-educativos/fecha/2021/listados>.

Se recomienda muestrear el 20% de cada tipo de institución educativa, sin exceder un máximo de 10 unidades. En la Tabla 11 se muestra un ejemplo.

**Tabla 11. Determinación de muestra de centros educativos**

Tipo de institución educativa	Cantidad	Determinación del número de muestra	Total a muestrear
Escuelas/liceos públicos	10	20% de 10 = 2	2
Colegios privados	20	20% de 20 = 4	4
Institución de educación superior/ Universidad	2	20% de 2 = 0.4 ~ 1	1
<b>Total</b>			<b>7</b>

### Cálculo de muestras para residuos de mercados.

Generalmente los mercados son lugares donde se genera una gran cantidad de residuos sólidos y con muy diversa composición. Como puede existir tanta variabilidad de los residuos generados de un mercado a otro, quedará al criterio del encargado del estudio seleccionar el mercado más representativo del municipio. Al mercado seleccionado se le pesará el 100% de los residuos generados, y se procederá a seleccionar por el método del cuarteo, una muestra de 200 kg aproximadamente para determinar la composición (ver sección Determinación de la composición), en la fase de campo.

## Cálculo de muestras para residuos de barrido de calles y limpieza de espacios públicos.

Generalmente, el servicio de barrido de calles no se brinda en la totalidad de las calles de un municipio/distrito municipal. Por esta razón, para calcular un tamaño de muestra correcto se debe caracterizar previamente esta operación. El encargado del estudio deberá identificar en un mapa las rutas en las cuales se brinda el servicio de recogida y limpieza de espacios públicos. En la Tabla 12 se muestra la información que debe recopilarse.

**Tabla 12. Datos a levantar para muestreo de barrido de calles**

Nombre de la ruta	Distancia recorrida (Km)	Tipo de ruta
Colocar el nombre de la ruta o un código de identificación	Colocar los kilómetros lineales de la ruta (sin duplicar valores de ida y vuelta). Se debe incluir lo recogido en los contenes, aceras y zafacones de parques, plazuelas, etc.	Se podría caracterizar en residencial, comercial, etc.

Fuente: Guía de Caracterización de residuos sólidos. Ministerio de Perú, 2018

Si el servicio se ofrece en una distancia menor o igual a cinco (5) km, entonces se debe realizar el estudio para la totalidad de la ruta. En cambio, si la distancia fuera mayor de cinco kilómetros deberá seleccionar de tres a cinco rutas de distintos tipos (comercial, residencial), con una distancia mínima de cinco kilómetros.

## Selección, organización y capacitación del equipo de encuestadores

Se envía una **comunicación al distrito escolar (ver ejemplo en anexo 6)** y/o a los centros escolares expresando el interés de que los alumnos del nivel secundario participen en la investigación en calidad de encuestadores.

Se realiza un encuentro de capacitación dirigido al doble de encuestadores que se requiera según la cantidad de muestra a aplicar, cuyo contenido aborde temas de conceptos generales de residuos, perfil del estudio y manejo del instrumento.

Es importante que en este encuentro participen además el encargado de asuntos comunitarios (o quien ejerza esa función), el área de comunicación y el supervisor de campo.

Se eligen los jóvenes necesarios, con quienes se hará un segundo encuentro para hacer entrega de materiales y designación del área a trabajar.

### Realización de la encuesta

Con el grupo de encuestadores listos se procede a realizar las encuestas a las viviendas y comercios que acepten participar en el estudio, luego de explicarles previamente en qué consiste (**ver modelo encuesta en Anexo 7**). Con la encuesta se obtienen datos importantes de cantidad de personas en cada vivienda, cantidad de empleados y visitantes en cada comercio, con la que luego se trabajara para el cálculo de los resultados del estudio. Con cada encuesta concluida se procede a asignar a las viviendas un código, que se colocará en una etiqueta (stiker) en la vivienda o comercio en la parte exterior en un lugar visible para la ruta de recolección. Un ejemplo de asignación de códigos sería:

- VA-01, para una vivienda de estrato alto número 1.
- VB-01, para vivienda de estrato bajo número 1
- VM-01, para vivienda de estrato medio número 1
- COM-01 para comercio

Para elegir las instituciones participantes, se determinará con los gobiernos locales.

### ETAPA 3. TRABAJO DE CAMPO

Una vez se concluye la fase de diseño, que incluye la aplicación de las encuestas al número de viviendas, comercios e instituciones determinados y el diseño de la ruta, estamos listos para la fase de trabajo de campo. En la misma se deben llevar a cabo una serie de pasos que se repiten durante los ocho (8) días de muestreo para viviendas y comercios y cinco (5) días para instituciones y centro educativos. Los días de muestreo deben ser días corridos, sin dejar días por medio en ningún caso, dado que podría afectar la muestra.

Los pasos llevados a cabo en el levantamiento de campo son:

- Se entregan las fundas para clasificación de los residuos
- Ruta de recolección de la muestra en viviendas, comercios e instituciones
- Se trasladan las fundas al lugar de trabajo de campo (espacio identificado para el estudio).
- Pesaje de la muestras
- Cracterización. Determinación
- Cálculo de la densidad
- Cálculo de la humedad

A continuación, se detalla el procedimiento a llevar a cabo en cada paso:

### ■ **Recolección de la muestra**

Antes de iniciar la ruta en los días de muestreo se deben entregar las fundas a las viviendas, comercios y demás instituciones participantes en el estudio. Esta entrega se puede realizar en el mismo proceso de la encuesta, si se realiza uno o dos días antes del inicio del muestreo. Cuando se entregan las fundas, se hacen por unidad a cada participante, explicando a los participantes que en la funda deben depositar todos los residuos sólidos generados durante un día completo (24 horas) y ser entregados a la ruta de recolección.

Luego de concluir la entrega de las fundas se procede con la ruta de recolección previamente diseñada. Este día se conocerá como día cero (0). Durante esta ruta se pasa por todas las viviendas, comercios e instituciones participantes a retirar sus residuos durante días consecutivos; ocho para las viviendas y comercios y cinco para las instituciones y centros educativos<sup>1</sup>. Con la recolección de cada funda llena, se deja una funda vacía al participante para la recolección del día siguiente. Cada funda debe tener el código que se haya asignado a la vivienda o establecimiento. Con la entrega se debe verificar que el código de la funda que se recibe coincida con la registrada en el listado de la ruta que es el mismo donde se registrará el peso en el formulario de pesajes.

Es importante que la brigada encargada de la ruta de recolección realice el recorrido a la misma hora cada día, para garantizar que se pesarán los residuos de 24 horas. El último día de recolección se debe indicar a los participantes que la fase de campo o muestreo se ha concluido.

Los días de muestreo no deben coincidir con días de festividades, ya que se altera la generación típica del territorio. Por ejemplo, no se debe muestrear en Navidad, día de las Madres, carnavales, fiestas patronales, Semana Santa, etc.

Se debe explicar a los participantes que no se aceptarán electrodomésticos, colchones, ni otros residuos de gran tamaño.

### ■ **Pesaje de las muestras**

El proceso de pesaje se debe realizar pesando las fundas al momento de ser recibidas, utilizando una balanza de mano, ya sea digital o análoga. Se anotan los pesos en el formulario (ver ejemplo en anexo 9) según el código asignado. Luego se colocan en el camión las fundas y se trasladan al lugar designado para determinar la composición y demás parámetros.

---

1. Se recomienda realizar la recolección de muestras domiciliarias y no domiciliarias en semanas consecutivas.

El pesaje debe realizarse por tipos de generadores y fuentes de generación, teniendo en cuenta los códigos de las fundas. Se recomienda registrar los valores obtenidos del pesaje de las fundas, luego de que los miembros de la brigada mencionen en voz alta los códigos de las fundas antes de colocarlos en la balanza y luego decir también en voz alta el peso obtenido. Al concluir esta actividad se debe corroborar que el número total de fundas y registros plasmados en el formulario es el mismo.

Cuando se concluye la recolección se trasladan las fundas al lugar designado para la caracterización. Las fundas con las muestras de residuos deben ser descargadas con mucho cuidado de modo que no se rompan y evitar posibles derrames.

### ■ **Determinación de la composición**

El muestreo de residuos sólidos para determinar la composición física de los mismos se debe llevar a cabo en el lugar de trabajo de campo. Para hacer un seguro análisis de la composición se debe asegurar la disponibilidad y uso de equipos de protección personal por parte de toda la brigada, ya que estarán en contacto directo con los residuos.

El **procedimiento a seguir para determinar la composición** de los residuos domiciliarios y de establecimientos comerciales se repite por siete (7) días (desde el día 1 al 7 de muestreo)<sup>2</sup> es el siguiente:

- 1) Separar las fundas de acuerdo a las fuentes de generación de donde provienen, para realizar la composición por cada una, es decir una para viviendas, una para comercios y una para instituciones. Esto es en el caso de que se realice la composición de varios tipos de generadores en la misma ruta.
- 2) Colocar la lona sobre el piso en el lugar definido para estos fines.
- 3) Abrir las fundas y verter su contenido sobre la lona hasta formar un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, se deben mezclar los residuos tratando de que se aprecie que hay todos los tipos de residuos en toda la lona. La brigada se auxiliará de palas y rastrillos para hacer la homogenización. Si la muestra tiene residuos grandes deben ser trozados o rotos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable y que se pueda dividir entre las partes.
- 4) Para muestras mayores de 200 kg de residuos, se utilizará el método de cuarteo. Esto consiste en dividir la muestra total en cuatro partes aproximadamente iguales (ver círculo más grande de la figura 1). Se escogen las dos partes opuestas diagonalmente (las marcadas con los números 1 y 4 en el círculo más grande; eliminar las partes 2 y 3 para que

---

2. Recordar que el primer día de recolección (día cero) no se hará composición; sólo se pesarán las muestras.

no se mezcle con lo demás) para formar un nuevo montón más pequeño. La muestra menor se vuelve a mezclar y se divide en cuatro partes nuevamente, luego se escogen dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra que sea manejable de no menos de 100 kg (220 libras).

- 5) Separar cada tipo de residuo de acuerdo con lo señalado en la ficha de registros de composición (**ver anexo 11**), formando pequeños grupos. Por ejemplo, botellas de vidrio, plásticos, papel, etc. Es importante que la división se realice de forma cuidadosa y que cada residuo esté en el grupo que le corresponde.
- 6) Colocar todos los residuos de un mismo tipo en un sector de la lona. Al concluir la separación colocar en una funda cada tipo para ser pesado.
- 7) Pesar cada una de las fundas que contienen los residuos divididos por categorías y registrar los datos en el formulario correspondiente.
- 8) Calcular el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de la muestra final (Wt) y el peso de cada componente (Pi):  $\text{Porcentaje (\%)} = (P_i/W_t) \times 100$ .

Se debe repetir el procedimiento durante los siete días que dura el muestreo de los residuos. Hay que recordar que de los ocho días iniciales que dura el muestreo, se elimina la muestra del primer día por no considerarla útil.

Es importante mantener el lugar lo más organizado posible para asegurar que no se cometen errores en la clasificación.

### ■ Cálculo de la densidad

La medición de la densidad debe realizarse por fuentes de generación, es decir viviendas, comercios, instituciones, etc. Si se realizó el cuarteo, para calcular la densidad se utilizarán los residuos eliminados en el paso anterior (secciones 2 y 3 de la figura 2). Si no se realiza el cuarteo se tomará el total de la muestra.

El procedimiento para llevar a cabo es el siguiente:

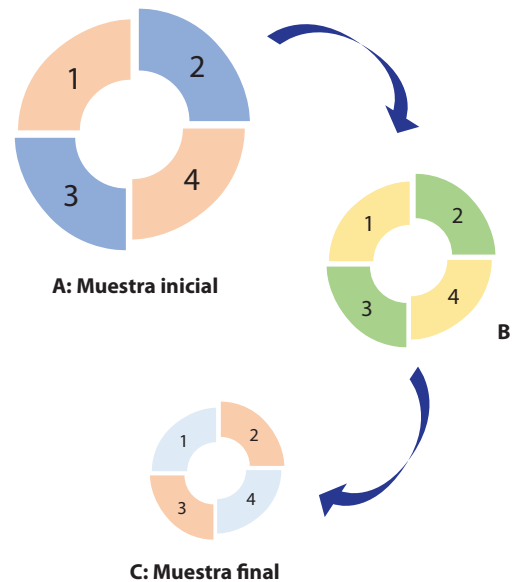


Figura 1. Cuarteo

- 1) Disponer de un tanque cilíndrico de 55 galones de capacidad, limpio y seco.
- 2) Tomar las medidas de diámetro y altura del tanque, así como su peso vacío.
- 3) Colocar el contenido de la muestra final (ya pesada) en el cilindro, dejando libre por lo menos 10 cm de altura, de tal forma que facilite su manipulación<sup>3</sup>.
- 4) Medir y tomar nota de la altura libre que dejan los residuos en el tanque para poder determinar el volumen que ocupan. Con esta primera medida se determina la densidad suelta. (Ver modelo en el anexo 10).

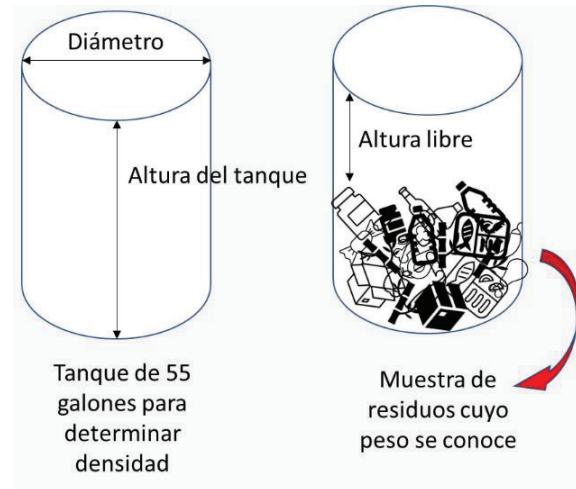


Figura 2. Determinación Densidad

- 5) Luego se procede a levantar el tanque hasta aproximadamente 10 cm a 15 cm de altura y dejar caer tres veces. Con este proceso se busca compactar los residuos dentro del cilindro.
- 6) Medir y tomar nota de la altura libre que dejan los residuos en el cilindro para poder determinar el volumen que ocupan. Con esta primera medida se determina la densidad compacta.

Con estos datos del peso de la muestra y las dos alturas para determinar el volumen de los residuos, se calcularán las densidades suelta y compacta.

### ■ Cálculo de contenido de humedad (opcional)

La humedad de los residuos sólidos está referida a la cantidad total de agua que estos contienen. Realizar su medición será un paso opcional de acuerdo con las necesidades de información requeridas por el gobierno local. El cálculo de este parámetro es importante para estimar la potencialidad de los residuos sólidos para la generación de lixiviados y diseñar el proceso de tratamiento que se les dará a los mismos (digestión aerobia y anaerobia).

El análisis del contenido de humedad deberá de ser realizado por un laboratorio acreditado para los fines. La brigada de muestreo de campo solo debe tomar la muestra de residuos que se llevará al laboratorio. Se debe tomar mínimo una muestra, y se recomienda el cuarto y quinto día del muestreo (mitad del proceso).

3. Si la muestra sobrepasa el volumen del tanque deberá tomarse una muestra más pequeña y pesarla nuevamente.

## ■ Limpieza del área y disposición final de residuos sólidos caracterizados

Cuando se concluye la jornada de toma de datos de campo, cada día se procede a realizar la limpieza del área utilizada, así como la recolección y disposición de los residuos caracterizados en la estación de transferencia o disposición final utilizada por el gobierno local. Si no se lleva a cabo el proceso de limpieza y se deja el área sucia y con restos de residuos, pueden alterar los resultados de días siguientes, causar molestias a la población que vive cerca, y generar vectores sanitarios como moscas y cucarachas. También generará una mala percepción de la realización del estudio.

## ETAPA 4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Una vez que se ha concluido el levantamiento de los datos de campo, es necesario realizar varias pruebas estadísticas para asegurar que la muestra tomada alcanza el nivel de confianza establecido. Es importante asegurarse de utilizar el formato de la Tabla 13 con los datos de generación levantados.

Además, se debe verificar lo siguiente:

- 1) Tener todas las viviendas listadas en la tabla con su numeración y código, agrupadas según estrato socioeconómico, con su número de habitantes, y el valor del peso de residuos sólidos entregado durante los ocho días del muestreo en Kilogramos, desde el día cero hasta el día siete, (ocho días en total), ver Tabla 13.
- 2) Sombree las viviendas de cada estrato socioeconómico en un color diferente para mejor visualización.

**Tabla 13. Formato recomendado para tabla de generación de residuos sólidos**

No. de vivienda	Estrato	Código	Número de habitantes	Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria							
				Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
1	Alto	CMGVP01	5	10.14	2.05	4.03	3.59	2.30	4.80	1.26	1.45
2	Alto	CMGVM02	5	7.84	2.80	4.00	4.80	2.76	4.90	3.10	2.30
3	Medio	CMGVC03	5	9.50	3.14	2.27	1.59	2.10	0.97	2.95	1.05
4	Medio	CMGVR27	4	6.11	0.57	1.77	1.77	1.37	5.50	3.43	1.02
5	Medio	CMGN28	4	28.89	2.50	1.50				3.20	3.60
6	Medio	CLVR11	4	4.25	0.76	1.29	0.76	4.40	1.15	4.50	1.69
7	Medio	CLVM12	5	4.10	0.33	1.02	1.50	5.80	1.50	4.60	2.90
8	Bajo	CLVY04	4	6.28	0.49	1.45	1.54	1.37	6.50	2.50	1.15
9	Bajo	CLVS05	5	4.73	4.50	5.30	4.60	6.54	0.91	1.19	0.56
10	Bajo	CLVS13	4	8.37						0.77	1.07



- 3) Sombrear los datos de la columna Día cero de color negro, ya que esos datos no serán utilizados para los cálculos, ver Tabla 14.

**Tabla 14. Datos del día cero anulado del estudio**

No. de vivienda	Estrato	Código	Número de habitantes	Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria							
				Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
1	Alto	CMGVP01	5		2.05	4.03	3.59	2.30	4.80	1.26	1.45
2	Alto	CMGVM02	5		2.80	4.00	4.80	2.76	4.90	3.10	2.30
3	Medio	CMGVC03	5		3.14	2.27	1.59	2.10	0.97	2.95	1.05
4	Medio	CMGVR27	4		0.57	1.77	1.77	1.37	5.50	3.43	1.02
5	Medio	CMGN28	4		2.50	1.50				3.20	3.60
6	Medio	CLVR11	4		0.76	1.29	0.76	4.40	1.15	4.50	1.69
7	Medio	CLVM12	5		0.33	1.02	1.50	5.80	1.50	4.60	2.90
8	Bajo	CLVY04	4		0.49	1.45	1.54	1.37	6.50	2.50	1.15
9	Bajo	CLVS05	5		4.50	5.30	4.60	6.54	0.91	1.19	0.56
10	Bajo	CLVS13	4							0.77	1.07

- 4) Identificar las viviendas que no hayan entregado sus residuos todos los días, y sombreado de un color diferente. Para una vivienda poder ser considerada en el estudio debe haber entregado residuos por lo menos cuatro días, de los siete días hábiles del estudio. Si la vivienda no entregó los residuos por lo menos cuatro días, se coloca FD (faltan datos) en la columna **Validación si están todos los datos**. Las completas se marcan con OK. Si no cumple con este criterio, la vivienda será eliminada, ver Tabla 15.

**Tabla 15. Validación de datos de cada vivienda**

No. de vivienda	Estrato	Código	Número de habitantes	Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria								Validación si están todos los datos
				Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
1	Alto	CMGVP01	5		2.05	4.03	3.59	2.30	4.80	1.26	1.45	OK
2	Alto	CMGVM02	5		2.80	4.00	4.80	2.76	4.90	3.10	2.30	OK
3	Medio	CMGVC03	5		3.14	2.27	1.59	2.10	0.97	2.95	1.05	OK
4	Medio	CMGVR27	4		0.57	1.77	1.77	1.37	5.50	3.43	1.02	OK
5	Medio	CMGN28	4		2.50	1.50				3.20	3.60	OK
6	Medio	CLVR11	4		0.76	1.29	0.76	4.40	1.15	4.50	1.69	OK
7	Medio	CLVM12	5		0.33	1.02	1.50	5.80	1.50	4.60	2.90	OK
8	Bajo	CLVY04	4		0.49	1.45	1.54	1.37	6.50	2.50	1.15	OK
9	Bajo	CLVS05	5		4.50	5.30	4.60	6.54	0.91	1.19	0.56	OK
10	Bajo	CLVS13	4							0.77	1.07	FD

- 5) Sombrear en color negro las filas de las viviendas eliminadas por falta de datos, ver Tabla 16.

**Tabla 16. Lista de viviendas con datos completos**

No. de vivienda	Estrato	Código	Número de habitantes	Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria								Validación si están todos los datos
				Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
1	Alto	CMGVP01	5		2.05	4.03	3.59	2.30	4.80	1.26	1.45	OK
2	Alto	CMGVM02	5		2.80	4.00	4.80	2.76	4.90	3.10	2.30	OK
3	Medio	CMGVC03	5		3.14	2.27	1.59	2.10	0.97	2.95	1.05	OK
4	Medio	CMGVR27	4		0.57	1.77	1.77	1.37	5.50	3.43	1.02	OK
5	Medio	CMGN28	4		2.50	1.50				3.20	3.60	OK
6	Medio	CLVR11	4		0.76	1.29	0.76	4.40	1.15	4.50	1.69	OK
7	Medio	CLVM12	5		0.33	1.02	1.50	5.80	1.50	4.60	2.90	OK
8	Bajo	CLVY04	4		0.49	1.45	1.54	1.37	6.50	2.50	1.15	OK
9	Bajo	CLVS05	5		4.50	5.30	4.60	6.54	0.91	1.19	0.56	OK

FD

- 6) Después se procede a calcular la generación per cápita de cada vivienda participante en el estudio. Para esto se suman todos los datos entregados por la vivienda y se divide entre el número de habitantes de la vivienda multiplicado por el número de días entregado, ver Tabla 17.

**Tabla 17. Cálculo de la generación per cápita de cada vivienda**

No. de vivienda	Estrato	Código	Número de habitantes	Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria								Validación si están todos los datos	Generación per cápita
				Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7		
				Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg		Kg
1	Alto	CMGVP01	5		2.05	4.03	3.59	2.30	4.80	1.26	1.45	OK	0.56
2	Alto	CMGVM02	5		2.80	4.00	4.80	2.76	4.90	3.10	2.30	OK	0.70
3	Medio	CMGVC03	5		3.14	2.27	1.59	2.10	0.97	2.95	1.05	OK	0.40
4	Medio	CMGVR27	4		0.57	1.77	1.77	1.37	5.50	3.43	1.02	OK	0.55
5	Medio	CMGN28	4		2.50	1.50				3.20	3.60	OK	0.68
6	Medio	CLVR11	4		0.76	1.29	0.76	4.40	1.15	4.50	1.69	OK	0.52
7	Medio	CLVM12	5		0.33	1.02	1.50	5.80	1.50	4.60	2.90	OK	0.50
8	Bajo	CLVY04	4		0.49	1.45	1.54	1.37	6.50	2.50	1.15	OK	0.54
9	Bajo	CLVS05	5		4.50	5.30	4.60	6.54	0.91	1.19	0.56	OK	0.67

Tomando como ejemplo la vivienda número 5 de la Tabla 17, la generación per cápita se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Generación per cápita (vivienda 5)} = (2.50 + 1.50 + 3.20 + 3.60) / (4 * 4) = 0.68 \text{ Kg/persona/día}$$

- 7) Después se calcula el promedio de la generación per cápita de todas las viviendas. Por ejemplo, la generación promedio per cápita de la tabla 15 es =  $(0.56 + 0.70 + 0.40 + 0.55 + 0.68 + 0.52 + 0.50 + 0.54 + 0.67) / 9 = 0.569 \text{ Kg/persona/día}$

- 8) A seguidas se calcula la desviación estándar de la muestra, utilizando la fórmula indicada en el Anexo 1. Para los datos mostrados en la tabla 5 la desviación estándar es de 0.098.
- 9) Se continua con el cálculo del valor estadístico Zc (variable aleatoria normal) para cada valor de la muestra;

Donde  $Z_c = (x - u)/s$

Zc = variable aleatoria normal

X = dato de la muestra

U = promedio de la muestra

S = desviación standard de la muestra

Si alguno de los valores de Zc es mayor de 1.96, se descarta ese valor de la muestra. Entonces se calcula nuevamente la GPC promedio y la desviación estándar con los valores restantes.

- 10) A continuación, se procede a verificar si el estudio es válido si se cumple la siguiente condición **“El nuevo número de muestras obtenidas < conteo del número TOTAL de muestras al finalizar la validación”**.

Si esta afirmación es correcta, entonces se valida la fase 1 del estudio.

- 11) A seguidas se obtiene la ponderación de la GPC por estratos socioeconómicos, de la manera mostrada en la tabla 18.

**Tabla 18. Ponderación GPC total**

Estrato	Generación per cápita Validada <i>Kg/person a/día</i>	Representatividad	GPC domiciliaria
Estrato A	0.573	33%	0.18914373
Estrato B	0.57	31%	0.17671649
Estrato C	0.605	36%	0.21777129
TOTAL		100%	0.584

- 12) Entonces se verifica si se cumple la segunda condición: El 50% de la GPC total promedio debe ser mayor que la desviación estándar. Si se cumple esta segunda condición el estudio es válido.

Para facilitar los cálculos, se pueden encontrar las tablas de Excel en el siguiente LINK: [https://drive.google.com/drive/folders/1BMRv\\_Nk4s\\_xBOX\\_HQjWSfGViYvByhvGK?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1BMRv_Nk4s_xBOX_HQjWSfGViYvByhvGK?usp=sharing)

## ■ Redacción de informe final

Una vez concluido el levantamiento de datos de campo y las validaciones estadísticas de lugar, es imprescindible redactar el informe final de caracterización de residuos municipales. A continuación, se incluye el contenido sugerido de este informe:

Introducción

1. Descripción del municipio o distrito municipal
2. Objetivos del estudio
  - i. General
  - ii. Específicos
3. Metodología del estudio
  - i. Determinación del número de muestra domiciliaria
  - ii. Determinación del número de muestra no domiciliaria
  - iii. Procedimiento para la realización del estudio
  - iv. Ejecución del estudio
4. Resultados del estudio
  - a. Caracterización domiciliaria
  - b. Caracterización no domiciliaria
5. Conclusiones
6. Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

Se pueden ver más detalles del informe en el Anexo 12.

# VII.

## Ejemplo

### Caso de estudio Municipio de Azua

En el 2017, Jonathan Brito Ceballos realizó un estudio de generación y caracterización de residuos domiciliarios en el Municipio de Azua, provincia Azua, como parte de su trabajo de grado para optar por el título de Magister en Ingeniería Sanitaria y Ambiental en el INTEC. Los datos presentados en este ejemplo corresponden a dicho trabajo.

Azua es el municipio cabecera de la provincia de Azua de la región Valdesia, creado como municipio a través de la ley no. 40 de fecha 9 de julio de 1845. La provincia está constituida por 10 municipios y 22 distritos municipales.

El municipio de Azua limita al norte con los municipios de Sabana Yegua, Peralta y Estebanía, al sur con el Mar Caribe y el municipio de Pueblo Viejo, al este con el municipio de Estebanía y al oeste con los municipios de Tábara Arriba y Sabana Yegua y la provincia de Barahona.

El municipio de Azua está dividido en el casco urbano de Azua con una superficie de 14.42 km<sup>2</sup> más 8 distritos municipales.

El estudio de generación y caracterización realizado en el 2017 se concentró en el casco urbano de Azua, el cual concentraba el 65% de la población total del municipio al 2010.

Sabemos que los cálculos y registros a realizar en el proceso son:

1. Determinación del tamaño de la muestra
2. Distribución de la muestra por niveles socioeconómicos
3. Registro de datos de generación

4. Cálculo de la generación per cápita
5. Determinación de densidad suelta y compactada
6. Composición promedio por tipo de residuos

**1. Tamaño de la muestra:** es el primer paso para poder planificar el proceso de recolección de la muestra y la logística del estudio. Como sabemos, la ecuación a usar es la siguiente:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1) E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

n = número de viviendas a muestrear  
 N = total de muestra del área del estudio  
 Z = nivel de confianza 95%, Z = 1.96  
 σ = desviación estándar = 0.25 Kg./ hab. / día  
 E = el error permisible es el 10%  
 de la media nacional de 1.0 Kg./hab/día

Debemos buscar el valor de cada uno de los elementos de la ecuación:

Z = 1.96 si trabajamos con un nivel de confianza del 95%, luego  $Z^2 = (1,96)^2 = 3.84$

σ = 0.25, por lo que  $\sigma^2 = 0.25 \times 0.25 = 0.0625$

E = error permisible, puede ser hasta 10% de la GPC media nacional de 1 kg/persona/día. Puesto que tenemos un nivel de confianza de 95%, usaremos un error permisible de 5%.

$E = 0.05 \times 1.0 = 0.05$

Nos falta encontrar N, que es el universo de la muestra, en este caso, la cantidad total de viviendas en el municipio.

Puesto que el estudio se llevó a cabo en el 2017, se necesitaba conocer la cantidad total de viviendas en el 2017. En República Dominicana, el más reciente censo de población y vivienda es del 2010, por lo que ese será nuestro punto de partida.<sup>4</sup>

En este punto debemos preguntarnos si corresponde hacer una estimación de crecimiento aritmético (lineal) o geométrico (exponencial). La estadística nos enseña que la fórmula de crecimiento aritmético es adecuada para pequeñas localidades rurales o para localidades muy maduras, donde la población se ha estabilizado. En el caso de Azua, sabemos que es una población urbana de tamaño medio que se encuentra en plena fase de crecimiento. Por esto escogemos la ecuación de crecimiento geométrico. La ecuación es:

$$Pob_{Año n} = Pob_{año 1} \times (1+r)^{Año n - Año 1}$$

4. Se espera la realización de un censo en el 2022, de ser así, cuando esos datos estén disponibles, ese será el censo de referencia.

Población año 1 = La población del casco urbano de Azua en el 2010, según los datos de la ONE<sup>5</sup>, 59,319 personas.

$r$  = tasa de crecimiento, según los mismos datos de ONE para 2010, 0.0032

$$1 + r = 1 + 0.0032 = 1.00318$$

También  $r$  puede calcularse conociendo al menos dos resultados censales:

$$1 + r = \left( \frac{Pob\ 2010}{Pob\ 2002} \right)^{\frac{1}{2010-2002}} = (214311/208857)^{1/8} = 1.0032$$

Por lo tanto, la población de Azua casco urbano al 2017 será:

$$Pob_{2017} = 59319 \times (1.00318)^{2017-2010} = 60,652 \text{ personas aproximadamente}$$

Según los datos del censo del 2010, había un promedio de 4 personas por vivienda en la provincia, con lo que

$$N = 60,652/4 = 15,163 \text{ viviendas}$$

Finalmente estamos listos para calcular a  $n$ :

$$n = (1.96^2 * 15163 * 0.25^2) / [(15163-1)(0.05)^2 + (1.96^2 * 0.25^2)] = (3.84 * 15163 * 0.0625) / [(15163-1)(0.05)^2 + (3.84 * 0.0625)] = 95.4, \text{ es decir debe usarse una muestra de } \mathbf{96 \text{ viviendas.}}$$

Solo para fines de comparación, calculas  $n$  usando  $Z = 1.64$  (nivel de confianza 90%), y  $E = 0.1$  (10% de error).

$$n = (1.64^2 * 15163 * 0.25^2) / [(15163-1)(0.1)^2 + (1.64^2 * 0.25^2)] = 16.8 \text{ (17 viviendas)}$$

Como puede verse, si se aceptan resultados menos precisos, se tendrá una muestra menor.

El cálculo realizado en la tesis de referencia empleó la cantidad de viviendas contadas en el censo del 2010 por considerarlo un dato más confiable que la proyección poblacional. Esto puede ser un supuesto válido si sabemos que la comunidad no ha variado significativamente de tamaño en el tiempo transcurrido desde el último censo. **En el trabajo de Brito Ceballos,  $n$  resultó igual a 61 viviendas.** Continuaremos con este número de muestras para mantener la integridad del resto de los datos que se presentarán.

**2. Distribución de la muestra por niveles socioeconómicos:** esto nos permitirá planificar las rutas de recolección en los barrios seleccionados que correspondan a cada nivel

---

5. Oficina Nacional de Estadística, 2012: IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010.

socioeconómico. Además, permitirá tener resultados de generación y composición por estrato socioeconómico lo cual es muy útil para el Plan de Gestión Integral de Residuos, para el trazado de rutas de recolección y para el diseño de programas de recuperación y reciclaje.

Continuando con los datos del IX censo de población y vivienda realizado en 2010, encontramos que:

Provincia de Azua		Porcentaje de hogares						19
Código	Nombre	Muy bajo	Bajo	Medio bajo	Medio	Medio alto - alto	Total	
02	Azua	26.5	40.6	19.7	9.5	3.7	100.0	Distribución Geográfica de Grupos Socioeconómicos
0201	Azua	18.0	39.3	22.7	13.8	6.3	100.0	
020101	Azua	11.9	36.1	23.7	18.9	9.4	100.0	
020102	Barro Arriba (D. M.)	54.1	40.6	4.8	0.4	0.1	100.0	
020103	Las Barias - La Estancia (D. M.)	17.5	49.1	25.8	6.4	1.1	100.0	
020104	Los Jovillos (D. M.)	18.9	50.0	23.7	6.3	1.1	100.0	

Azua tiene la distribución que se observa en la tabla. Puesto que manejaremos solo tres niveles (bajo, medio y alto), sumaremos Muy bajo y Bajo, y Medio bajo con Medio, resultando en la siguiente distribución:

	Bajo	Medio	Alto	Total
<b>Porcentaje por nivel</b>	48%	42.6%	9.4%	100%
<b>Cantidad de hogares en la muestra</b>	29	26	6	61

Se recomienda incluir un excedente de viviendas en la muestra, para cubrir hogares que deciden no entregar las fundas o que por cualquier motivo no pueden permanecer en la muestra.

En el caso del estudio de referencia en el municipio de Azua, la muestra se llevó a 70 viviendas, con la siguiente distribución:

	Bajo	Medio	Alto	Total
<b>Cantidad de hogares en la muestra</b>	33	28	9	70

### 3. Registro de datos de generación.

Para esto se usará la herramienta presentada en el Anexo 9. A cada vivienda muestreada se le asigna un código único que permite registrar los datos sin incluir informaciones personales o privadas.

Al final de cada día, es importante que se vayan registrando los datos colectados en un cuadro Excel como el que se presenta:



Pesos Diarios por vivienda y producción per cápita promedio																	
Código	Hab	Clase	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo		PPC Prom.
			Peso (Kgs)	PPC	Peso (Kgs)	PPC	Peso (Kgs)	PPC	Peso (Kgs)	PPC	Peso (Kgs)	PPC	Peso (Kgs)	PPC	Peso (Kgs)	PPC	
001	3	B															
002	2	B															
003	6	B															
004	4	M															
005	4	M															
006	5	A															
...	..	..															
ONN	..	..															

**4. Cálculo de la generación per cápita.** Este es el resultado de dividir el peso de los residuos colectados cada día en cada vivienda, entre la cantidad de personas que habitan en la vivienda (la cantidad real de personas, no estimada).

Según se describe para el caso de Azua “Cada vez que se obtuvo la funda llena en cada vivienda, en ese mismo momento se tomó el peso de dicha funda antes de colocarla en el vehículo de recolección. Simultáneamente se registró el peso en el formulario correspondiente. Al final de la recolección fue posible determinar la cantidad de residuos sólidos generada cada día.”

En el cuadro siguiente se reflejan datos para 6 de las 70 viviendas muestreadas en Azua.

La PPC es siempre =Peso de los residuos/cantidad de habitantes en la vivienda

Por ejemplo, la PPC de la vivienda 002 para el día martes 22, 2017 fue: 1.00 Kg / 2 habitantes en la vivienda = 0.5 kg/hab/día.

Puede notarse en el cuadro que están marcados con “x” los días en que algunas viviendas no entregaron residuos. Por esto es necesario incrementar la muestra calculada, pues es usual que ocurra, y esas viviendas no se incluyen en el cálculo final.

La PPC promedio de cada vivienda es la suma de las PPC de cada día dividido entre el total de días de datos.

La PPC promedio para un nivel socioeconómico es el promedio de las PPC de las viviendas de ese nivel.

La PPC promedio global es el promedio de las PPC de todas las viviendas muestreadas en el municipio.

PESOS DIARIOS POR VIVIENDA Y PRODUCCIÓN PER CÁPITA PROMEDIO																		
CODIGO	HAB	CLASE	LUNES 21		MARTES 22		MIÉRCOLES 23		JUEVES 24		VIERNES 25		SÁBADO 26		DOMINGO 27		PPC PROM.	
			PESO (Kgs)	PPC	PESO (Kgs)	PPC	PESO (Kgs)	PPC	PESO (Kgs)	PPC	PESO (Kgs)	PPC	PESO (Kgs)	PPC	PESO (Kgs)	PPC		
001	3	B	1,00	0,33	0,50	0,17	x		0,50	0,17	1,00	0,33	0,25	0,08	0,50	0,17	0,21	
002	2	B	1,00	0,50	0,50	0,25	1,00	0,50	1,25	0,63	1,00	0,50	0,50	0,25	0,25	0,13	0,39	
003	6	B	8,50	1,42	4,00	0,67	x		2,00	0,33	2,25	0,38	2,50	0,42	1,50	0,25	0,58	
004	4	M	1,50	0,38	1,00	0,25	3,00	0,75	0,25	0,06	1,25	0,31	0,50	0,13	1,00	0,25	0,30	
005	4	M	0,75	0,19	1,50	0,38	1,50	0,38	0,75	0,19	2,50	0,63	1,75	0,44	2,00	0,50	0,38	
006	5	M	3,00	0,60	5,50	1,10	3,00	0,60	2,50	0,50	3,50	0,70	4,00	0,80	6,00	1,20	0,79	

Los resultados finales para Azua son:

Estrato	Generación per cápita Validada	Representatividad	GPC domiciliaria
	<i>Kg/persona/día</i>		
Estrato Alto	0,758	9%	0,068
Estrato Bajo	0,660	43%	0,284
Estrato Medio	0,661	48%	0,317
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>	<b>0,669</b>

## 5. Determinación de densidad suelta y compactada.

Para el caso de Azua, luego de verificar la generación diaria entonces se procedió al cuarteo para obtener una muestra homogénea de unos 100 kg. Después de obtenida la muestra representativa de 100 kilogramos se pasó a calcular la densidad según el procedimiento descrito en esta Guía.

Para establecer densidad suelta se colocan los residuos sin compactar en el recipiente graduado. Se pesa y se divide el peso entre el volumen del recipiente.

Luego se compacta y se mide la altura de los residuos compactados. Con la altura compactada se calcula el volumen compactado. Luego se divide el peso (que debe ser el mismo que de los residuos sueltos) entre el volumen compactado para tener la nueva densidad.

Este procedimiento debe repetirse varias veces hasta usar el total de la muestra de aproximadamente 100 kg de residuos.

CÁLCULO DE DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE AZUA					
				Volumen =	$\pi(D/2)^2*H$
				D = diámetro	
Peso Cilindro Vacío		2,0	Kg	H = altura	
Altura		0,6	m	Volumen suelto	0.087 m <sup>3</sup>
Diámetro		0,43	m		
FECHA	PESO (kgs)	Altura Suelta (m)	Altura Compacta (m)	Densidad Suelta (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Compactada (kg/m <sup>3</sup> )
21/8/2017	14,50	0,60	0,40	166,41	249,62
	13,00	0,60	0,41	149,20	218,34
	14,75	0,60	0,45	169,28	225,71
	11,25	0,60	0,38	129,11	203,86
	11,75	0,60	0,38	134,85	212,92
	15,00	0,60	0,45	172,15	229,54
	9,50	0,60	0,38	109,03	172,15
	13,00	0,60	0,45	149,20	198,93
	8,00	0,60	0,35	91,81	157,40
Total muestra seleccionada	110,75			<b>141,23</b>	<b>207,61</b>

## 6. Datos de composición

Para el municipio de Azua, el lugar seleccionado y gestionado por los gobiernos locales para este proceso de determinación de la composición de los residuos fue un área localizada en una nave fuera de servicio en la parte trasera de la oficina provincial del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. Esa nave es un lugar techado y con fácil acceso que resultó propicio para realizar los procedimientos de identificación de las características de los residuos sólidos. Cada día, luego de recolectadas todas las fundas se llevaban a este lugar, se realizaba el cuarteo y se hacía el análisis de la composición mediante los siguientes pasos:

- Preparación del área utilizando la lona de unos 15 x 15 pies.
- Apertura de todas las fundas cuidadosamente encima de la lona.
- Identificación de las fundas de los baños para separarlas puesto que como se trataba de residuos infecciosos o peligrosos, se tomaron otras consideraciones para conocer su generación.

- Se registraba la cantidad total de residuos generados cada día, tomando en cuenta que la muestra representativa no podría ser menor de 100 kilogramos.
- Se realizaba cuarteo si era necesario. Si la muestra es muy cercana a 100 kilos se toma la muestra completa.
- Con la muestra seleccionada se midió la densidad según se describió en el punto anterior.
- Finalmente, los residuos de la muestra resultante se separaron en las categorías especificadas para el estudio, y se pesó cada clase. Los resultados se registraron en el formulario correspondiente.



El cuadro de la página siguiente muestra los datos de Azua para el tercer día de muestreo. Los % son en peso. Se obtiene de dividir el peso de los residuos de cada clase, entre el peso total de la muestra y se multiplica por 100.

ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE AZUA							
ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS							
FECHA: Miércoles 23 de Agosto de 2017							
COMPONENTE	PESOS (Kg)					TOTALES	%
	1	2	3	4	5		
<b>A Residuos Aprovechables (A1 + A2)</b>	<b>92,00</b>					92,00	82,3%
<b>A1. Residuos Orgánicos</b>	<b>80,00</b>					80,00	71,6%
Residuos Alimenticios ( Restos de comida, Frutas)	11,00	6,00	11,50	15,00	6,00	<b>49,50</b>	<b>44,3%</b>
Residuos de Jardines (Restos de poda de áreas verdes)	24,00	6,50				<b>30,50</b>	<b>27,3%</b>
<b>A2. Reciclables</b>	<b>12,00</b>					12,00	10,7%
<i>Papel:</i>						<b>1,00</b>	<b>0,9%</b>
Papel Blanco	0,50					0,50	0,4%
Papel Periódico	0,50					0,50	0,4%
<i>Cartón</i>	1,50					<b>1,50</b>	<b>1,3%</b>
<i>Vidrio:</i>						<b>2,00</b>	<b>1,8%</b>
Vidrio Blanco	1,00					1,00	0,9%
Vidrio Marrón	1,00					1,00	0,9%
Vidrio Verde						-	0,0%
<i>Plástico:</i>						<b>5,50</b>	<b>4,9%</b>
PET (Tetrafelato de Polietileno)	1,50					1,50	1,3%
Fundas Plásticas	1,00					1,00	0,9%

Otros Plásticos (Fascos, Envase, tapas, Vasos...)	1,50	1,50				3,00	2,7%
Tetrapack	0,50					<b>0,50</b>	<b>0,4%</b>
Latas (Aluminio)	1,50					<b>1,50</b>	<b>1,3%</b>
Metales (Hierro, Cobre)						-	<b>0,0%</b>
<b>B. Residuos no Aprovechables</b>	<b>10,00</b>					10,00	8,9%
Envolturas de Golosinas	0,50	2,50				<b>3,00</b>	<b>2,7%</b>
FOAM	0,50					<b>0,50</b>	<b>0,4%</b>
Telas o Textiles	2,00					<b>2,00</b>	<b>1,8%</b>
Otros	0,50					<b>0,50</b>	<b>0,4%</b>
Material inerte (Tierra, Piedras)	4,00					<b>4,00</b>	<b>3,6%</b>
<b>C. Residuos sólidos peligrosos</b>	<b>9,75</b>					<b>9,75</b>	<b>8,7%</b>
(Pilas, Baterías, Envases con Aceites, Fluorescentes, Pinturas Papel Higiénico, Rasuradoras, Toallas Sanitarias, Pañales desechables, Etc.)	9,75					9,75	8,7%
<b>TOTAL (A+B+C)</b>	<b>111,75</b>					111,75	100,0%
<b>Muestra Mínima para el Análisis (Kgs)</b>						<b>100</b>	



# VIII.

## Conclusiones

Esta Guía metodológica presenta explicaciones paso a paso que permitirán a los gobiernos locales en la República Dominicana realizar estudios de generación y caracterización de residuos sólidos urbanos.

El desarrollo de una cultura de cuantificación de los residuos y su clasificación permitirá el desarrollo de Planes Integrales de Gestión de Residuos cada vez más realistas y detallados. Se espera que los gobiernos locales en el país valoren cada vez más la importancia de disponer de datos reales a la hora de diseñar sus programas de gestión de residuos.

Los resultados de los estudios de generación ayudarán a tener programas de recolección, valoración y disposición final de residuos más eficaces y eficientes.

Para un mayor provecho del uso de esta Guía, se recomienda:

- Generar una base de datos abierta donde los datos de los diversos municipios puedan ser compartidos, actualizados y validados.
- Mantener la Guía actualizada en función de las experiencias nacionales e internacionales, revisándola periódicamente.
- Asegurar que los municipios puedan realizar los estudios y utilizar los datos en la toma de decisiones, a través del desarrollo de programas continuos de capacitación.





# IX.

## BIBLIOGRAFÍA

- De Jesús, I. (2022). Guía de Gestión Ambiental, del Riesgo de Desastres, y Adaptación al Cambio Climático a escala municipal. Federación Dominicana de Municipios (FEDOMU). Santo Domingo, República Dominicana.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, FOCIMIRS, y JICA (2017). Manual de Caracterización Y Proyección de los Residuos Sólidos Municipales. Santo Domingo, República Dominicana.
- Ministerio del Ambiente de Perú. (2018). Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales. <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/guia-para-la-caracterizacion-de-residuos-solidos-municipales.pdf> Consultado en agosto 2022. Lima, Perú
- Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J., Contreras, E. & Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Manuales de la CEPAL. Publicaciones de las Naciones Unidas. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40407> consultado en agosto 2022. Santiago, Chile.



# Anexos

## ANEXO 1. GLOSARIO

**Almacenamiento.** Es el depósito temporal de residuos con carácter previo a su entrega al servicio de recolección y transporte y valorización o disposición final.

**Aprovechamiento.** Proceso industrial o manual mediante el cual los materiales recuperados de los residuos se incorporan al ciclo económico y productivo en la cadena de valor, sea como insumos de proceso o energía; sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

**Centro de acopio.** Es un lugar donde se reciben y almacenan residuos con valor comercial, sujetos a procesos de valorización.

**Composta.** Es un abono orgánico que se forma por la degradación microbiana de materiales acomodados en capas y sometidos a un proceso de descomposición.

**Coprocesamiento.** Integración ambientalmente segura de los residuos y materiales a un proceso de producción distinto del que los generó, con la finalidad de ser aprovechados como energía o como materia y reducir, en consecuencia, el uso de combustibles fósiles y materias primas convencionales mediante sustitución.

**Disposición final.** Proceso de depositar los residuos sólidos urbanos que ya no pueden ser valorizables, mediante técnicas de ingeniería para evitar la contaminación, daños y riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

**Economía Circular.** Es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende.

**Estación de transferencia.** Instalación en la cual se descargan y transfieren los residuos sólidos de un vehículo de menor capacidad a otro de mayor capacidad para posteriormente transportarlos al sitio de disposición final, planta de valorización o coprocesamiento.

**Generación.** Es la parte del proceso más conocida por la población. Los residuos son producidos por las personas en los hogares, comercios u oficinas. Para lograr la valoración efectiva de los residuos, la etapa de generación debería incluir separación de los residuos por clases, para que puedan ser aprovechados posteriormente. También es parte de esta etapa la educación ciudadana para reducir la cantidad de residuos generados.

**Generación Per Cápita de Residuos (GPC).** Es la cantidad de residuos sólidos promedio que una persona genera en un día. Se expresa en kilogramos de residuos sólidos por persona por día.

**Generador.** Persona física o jurídica, pública o privada, que, como resultado de sus actividades produce residuos al desarrollar procesos productivos, servicios, comercialización, importación y de consumo entre otros. Se clasifican en:

**Microgenerador.** Persona física o jurídica en un establecimiento industrial, comercial o de servicios que genere una cantidad de hasta cuatrocientos (400) kilogramos (equivalente a 882 libras) en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

**Pequeño generador.** Persona física o jurídica que genere una cantidad igual o mayor a cuatrocientos (400) kilogramos y menor a diez (10) toneladas (equivalente 22,046 libras) en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

**Gran generador.** Persona física o jurídica que genere una cantidad igual o superior a diez (10) toneladas en peso bruto total de residuos al año o su equivalente en otra unidad de medida.

**Gestión integral.** Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, administrativas, sociales, educativas, de planeación, supervisión, monitoreo y evaluación para el manejo adecuado de los residuos en todas sus etapas, desde su generación hasta su reaprovechamiento o disposición final, con criterios de prevención, minimización y ecoeficiencia en cada una de ellas.

**Incineración.** Es una técnica de tratamiento de residuos que permite reducir su volumen, su peso y modificar su composición. Consistente en someter los residuos a un proceso de oxidación a elevada temperatura. Osea, que, a través del calor, los componentes orgánicos de los

desechos reaccionan con el oxígeno del aire y se transforman en dióxido de carbono y agua. Siendo posible obtener de este proceso energía térmica y/o eléctrica.

**Instrumentos económicos.** Son herramientas de políticas públicas, cuyo objetivo es incentivar la participación de los diversos sectores de la sociedad en la gestión de los residuos, generar las necesidades de inversión, la incorporación del mercado de reciclaje a la economía formal, la inclusión de empresas sociales y generación de empleos, así como la investigación y desarrollo tecnológico para la prevención en la generación de residuos.

**Manejo integral de residuos sólidos.** Las actividades de barrido, separación en la fuente, almacenamiento, recolección, transporte, transferencia, acopio, reutilización, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, y disposición final de residuos, realizadas individualmente o combinadas, adaptado a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental y tecnológica.

**Plan municipal para la gestión integral de residuos.** Instrumento que orientará las acciones de los ayuntamientos para la gestión integral de residuos sólidos en el municipio; se elaborarán a partir de los lineamientos del Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos (PLANGIR), conforme a la demarcación territorial de cada municipio o distrito municipal y se deben formular en coordinación con los actores públicos y sociales del territorio, contando con el apoyo técnico del Ministerio de Medio Ambiente y de la Liga Municipal Dominicana. Estos planes podrán ser formulados en forma mancomunada entre dos o más municipalidades.

**Plantas de valorización energética.** Son plantas en las que se emplean los residuos con la finalidad de aprovechar su poder calorífico, para la producción de energía.

**Recicladores de base.** Personas que de forma dependiente o independiente se dedican a las actividades de recolección y separación diferenciada de los residuos sólidos urbanos en la calle, centros de acopio, sitios de disposición final a cielo abierto, para su comercialización. Tradicionalmente trabajan de manera informal y son llamados comúnmente “buzos”.

**Recolección y transporte** de residuos es usualmente una de las principales operaciones de los ayuntamientos y juntas de distrito. Optimizar las rutas y equipos de recolección puede representar ahorros, y una mayor satisfacción con el servicio por parte de los ciudadanos.

**Recolección selectiva.** Sistema de recolección diferenciada de distintos tipos de residuos que permite valorizar de mejor manera los residuos recibidos.

**Relleno sanitario.** Es un método de disposición final que consiste en colocar los residuos en un lugar previamente impermeabilizado, compactar y cubrir mediante técnicas de ingeniería, con lo cual se prevén y controlan los impactos que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica, con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.

**Residuos.** Es todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar. De acuerdo al artículo 6 de la ley 225-20 se clasifican en residuos urbanos, peligroso y de manejo especial.

**Residuos de manejo especial.** Son los que se derivan de los productos considerados prioritarios en virtud de la ley 225-20, que estén sujetos al principio de responsabilidad extendida, los generados en los procesos productivos, que no son peligrosos y que tienen características de gran volumen, difícil manejo, o aquellos que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Tipos de residuos de manejo especial:

- 1) Los productos fuera de especificación, insumos deteriorados, restos, rechazados, mermas y otros residuos sólidos generados en los procesos productivos industriales, comerciales y de servicios, que sean considerados como residuos no peligrosos;
- 2) Residuos de servicios de salud, generados por los establecimientos que realicen actividades médico-asistenciales a las poblaciones humanas o animales, centros de investigación, con excepción de los residuos biológicos e infecciosos;
- 3) Residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades y los derivados del sacrificio de animales; considerados como no peligrosos;
- 4) Residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas; considerados como no peligrosos;
- 5) Lodos provenientes del tratamiento de aguas urbanas o industriales no peligrosas;
- 6) Residuos eléctricos y electrónicos provenientes de los productos usados, caducados o retirados del comercio, que requieren de corriente eléctrica o campos electromagnéticos para su operación o funcionamiento, incluyendo sus aditamentos, accesorios, periféricos, y consumibles que los componen;
- 7) Residuos de la construcción, mantenimiento o demolición en general;
- 8) Residuos de neumáticos;
- 9) Los generados por grandes generadores;
- 10) Los sujetos a programas de responsabilidad extendida;
- 11) Las chatarras;
- 12) Residuos generados de eventos masivos (propaganda, espectáculos, pancartas, carteles, volantes, etc.)

**Residuos sólidos urbanos.** Aquellos generados en las viviendas, resultantes de las actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, empaques o embalajes; los residuos con características similares a los generados en los domicilios, que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública; y los resultantes de la limpieza de

las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por la ley 225-20 como residuos de otro tipo.

**Residuos inorgánicos.** Residuos que no provienen de la materia orgánica, sino que ha sido fabricada por el hombre, y que por sus características químicas no se descomponen de forma natural o tardan largo tiempo en degradarse como el plástico, el vidrio, el papel y los metales, entre otros.

**Residuos orgánicos.** Se refieren a materiales que se descomponen de forma natural y no tardan largo tiempo en degradarse.

**Residuos no domiciliarios.** Son aquellos que no son generados en el hogar, se generan en las industrias, comercios, actividades de construcción, agrícolas, limpieza de espacios públicos, centros de salud, electrónicos, etc.

**Residuos no valorizables.** Aquellos que, por las condiciones de mercado existentes, por el desarrollo de la tecnología o por condiciones sanitarias no es posible su aprovechamiento.

**Residuos valorizables.** Aquellos que tienen un valor comercial, con posibilidad de ser vendidos o utilizados, sea como materia o energía.

**Residuos peligrosos.** Son aquellos que poseen una o más de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o biológicos infecciosos, conocidos como residuos CRETIB, así como envases, recipientes, embalajes que hayan sido contaminados con residuos peligrosos.

**Separación (también llamado Separación en la fuente).** Procedimiento mediante el cual se evita desde la fuente generadora que se mezclen los residuos, para facilitar el aprovechamiento de materiales valorizables. Es obligatorio que el generador de residuos sólidos urbanos realice de forma progresiva la separación de los residuos al momento de su generación, de acuerdo a los tipos de residuos definidos por la ley en material orgánico e inorgánico.

**Tratamiento o valorización.** Son las operaciones donde se separan y empaquetan residuos con valor económico para su reciclaje (por ejemplo, la segregación de cartón o plásticos por tipos para reciclaje), o donde se transforman residuos en productos con valor económico (por ejemplo, la producción de humus por compostaje de residuos). El tratamiento puede implicar también la reducción del potencial contaminante del residuo (por ejemplo, la incineración de residuos infecciosos). También se considera valorización la obtención de energía a partir de los residuos la cual se puede hacer a través de diversas tecnologías, por ejemplo, el coprocesamiento de residuos sólidos en plantas de fabricación de cemento.

**Valorización.** Conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es el aprovechamiento de los recursos, sean materiales o energéticos contenidos en los residuos, que representen un beneficio

económico, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicio al medio ambiente.

## **ANEXO 2. CONCEPTOS BÁSICOS DE ESTADÍSTICA: CÁLCULO DE LA MUESTRA**

La **estadística** es una rama de las matemáticas que se ocupa de obtener, ordenar y analizar conjuntos de datos, con el fin de explicar fenómenos observados, y de predecir comportamientos futuros. Nos ofrece métodos, procedimientos y fórmulas que permiten recolectar información para luego analizarla y extraer de ella conclusiones relevantes.

Dato curioso. Actualmente, los avances en computación e inteligencia artificial permiten el análisis de cantidades masivas de datos. A esto se le llama Ciencia de Datos y podría decirse que es la evolución moderna de la estadística.

**El principal objetivo de la estadística, como ciencia, es mejorar la comprensión de los hechos a partir de la información disponible y poder extrapolar esa comprensión para tomar decisiones a futuro.**

En los estudios de caracterización no es factible cuantificar la generación pesando los residuos del 100% de las casas, comercios e instituciones en una ciudad.

Podemos imaginar que un poblado muy pequeño, con menos de 20 casas, podría hacerlo. En ese caso, estaríamos haciendo un inventario o censo de la generación total.

Pero en ciudades o comunidades con miles o hasta millones de viviendas y establecimientos, resulta impráctico y sumamente costoso. Por eso, en lugar de tratar de medir absolutamente todo lo que se genera de forma directa, **el estudio hace uso de las herramientas de la estadística para seleccionar una muestra**, y luego para analizar los datos de forma que se garantice un grado de confiabilidad aceptable.

### **¿Qué es la población o universo?**

La población estadística, también conocida como universo, es el conjunto o la totalidad de elementos que se van a estudiar. Los elementos de una población lo conforman cada uno de los individuos asociados, debido a que comparten alguna característica en común. La población puede estar conformada por personas, animales, viviendas, registros médicos, nacimientos, entre otros.



### ¿Qué es una muestra estadística?

Una muestra es una parte de la población que ha sido escogida para un estudio o encuesta. Por ejemplo, cuando vemos que Gallup predice quien será el ganador de las próximas elecciones, ese resultado sale de la preferencia expresada por una muestra de la población de dominicanos y dominicanas que están habilitados para votar.

### ¿Qué características debe tener una muestra?

Debe ser representativa de la población a la que va dirigida el estudio. Por ejemplo, para una buena estimación de los resultados electorales, la muestra debe incluir los diferentes rangos de edad de los votantes, niveles educativos, niveles socioeconómicos, género... en fin, debe ser representativa de las diferentes características de la población que tienen un impacto en la decisión de voto.

En estadística, generalmente se prefieren las muestras "aleatorias". Es decir, aquellas donde los sujetos incluidos en la muestra se escogen al azar. Esto evita introducir "sesgos" o errores en los resultados debido a las preferencias o prejuicios de quien realiza el estudio.

### ¿Qué es el error muestral?

Inevitablemente, al basar los resultados en una pequeña muestra de la población, la incertidumbre se cuela en tus estadísticas. Si solo se puede encuestar a un cierto porcentaje de la población real, nunca podremos estar 100% seguros de que el resultado sea una representación completa y precisa de la población. Esta incertidumbre se denomina **error de muestreo** y generalmente se mide mediante un **intervalo de confianza**. Por ejemplo, puede afirmar que sus resultados tienen un nivel de confianza del 90 %. Eso significa que, si tuviera que repetir su encuesta una y otra vez, el 90% de las veces obtendría los mismos resultados.

La estadística como ciencia, nos ofrece herramientas matemáticas para calcular este error y para determinar el tamaño de la muestra que necesitaremos para garantizar que los resultados son confiables dentro de un cierto intervalo. En general, se buscan resultados con un 95% de confiabilidad.

### ¿Cómo se determina el tamaño de la muestra en estadística?

Como se indica anteriormente, la muestra es un porcentaje de la población total; tendrá un tamaño que nos permitirá usar los datos resultantes para hacer inferencias sobre una población en su conjunto. Por ejemplo, si la muestra se ha escogido adecuadamente, la intención de voto de la muestra puede reflejar la intención de voto de la población.

Encontrar un tamaño de muestra puede ser una de las tareas más desafiantes en estadística y depende de muchos factores, incluido el tamaño de la población original.

Formas de establecer el tamaño de la muestra:

- **Si mi población es pequeña, puedo realizar un censo.** Es decir, puedo tomar el 100% de mi población como muestra. Realizar un censo dependerá del presupuesto y tiempo disponible. Por ejemplo, puede tomar un día para hacer un censo de un alumnado en una pequeña universidad privada de 1000 estudiantes, pero es posible que no tenga tiempo para encuestar a 200 000 estudiantes en una gran universidad pública.
- **Usar el tamaño de muestra de un estudio similar.** Lo más probable es que su tipo de estudio ya haya sido realizado por otra persona. Esto tiene un problema obvio: estás confiando en que ese otro estudio calculó correctamente el tamaño de la muestra. Cualquier error que hayan cometido en sus cálculos se transferirá a tu estudio.
- **Usar una tabla para encontrar el tamaño de tu muestra.** Si tiene un estudio bastante genérico, probablemente haya una tabla para él. Este es el caso de los estudios de generación y caracterización de RSU, donde varios países han desarrollado tablas para el tamaño de la muestra.
- **Usar una fórmula.** Hay muchas fórmulas diferentes que se pueden usar, según lo que sepa (o no sepa) sobre su población. La fórmula incluida en este manual para el tamaño de muestra es una de ellas, que se escogió porque no requiere mucha información sobre la población a estudiar.
- **Usar una calculadora de tamaño de muestra.** Varias calculadoras están disponibles en línea, algunas simples, otras más complejas y especializadas. En general, estas calculadoras son automatizaciones de fórmulas existentes. Si decide usarlas, es importante comprender en cuales supuestos están basadas.

Para poder manejar correctamente cualquier fórmula de cálculo de muestra, es importante comprender el significado de cada uno de los términos de la misma. Estos son<sup>6</sup>:

- La población o universo es el número completo de individuos con características afines que conforman los posibles participantes de nuestro estudio. En el caso de los estudios de caracterización, la “población” se refiere a la totalidad de las viviendas, o al número de establecimientos, instituciones, en el municipio, entre otros.
- La muestra es la cantidad representativa de esa población y se indica con la letra n minúscula.
- El margen o posibilidad de error es la diferencia que pueda darse entre los resultados obtenidos con la muestra y los que se hubiesen obtenido si la encuesta se aplicara a toda la población. Lo ideal es que el margen de error ronde el 5 %. Este es representado con la letra e.

---

6. <https://normasapa.net/formula-muestra-poblacion/>

- El porcentaje de confianza es el nivel de certeza que ofrecen los resultados expuestos. Se simboliza con la letra Z.
- Desviación estándar<sup>7</sup>, se simboliza con la letra griega  $\sigma$  (sigma), y es una medida que ofrece información sobre la dispersión media de una variable. Se llama desviación a la separación que existe entre un valor cualquiera y la media. Cuando tenemos una serie de observaciones de una variable, la desviación estándar nos indica qué tan dispersos están los resultados con respecto a la media. Mientras mayor es la desviación estándar, menos cercanos a la media son los resultados. Al cuadrado de la desviación estándar ( $\sigma^2$ ) se le conoce como varianza.

### **FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA MUESTRA EN ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS:**

La fórmula usada para el cálculo de la muestra en el método de la OPS para los estudios de caracterización de residuos corresponde a la que se utiliza cuando queremos obtener una muestra que nos permita estimar el valor medio de una variable. Como se ha visto en el manual, la fórmula es:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1) E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Donde:

- n minúscula es la cantidad de viviendas que deberemos incluir en nuestra muestra para obtener la generación y composición promedio de residuos sólidos domésticos en el municipio.
- N mayúscula es la cantidad total de viviendas (se dice “población” en términos estadísticos, pero en este caso se refiere a la cantidad de viviendas, no a las personas). Este valor se obtiene del censo de población y vivienda, proyectado al año en cuál se está haciendo el estudio. En República Dominicana, el último censo se realizó en el 2010. Debido a esto, al proyectar la cantidad de viviendas se introduce un error que no podemos evitar. Si el municipio dispone de un censo propio de viviendas o puede realizarlo, sería preferible usar ese valor.<sup>8</sup> Si no hay datos sobre cantidad de viviendas, este valor se estima a partir

7. José Francisco López, 02 de octubre, 2017. *Desviación estándar o típica*. Economipedia.com

8. Los datos de población y las proyecciones de la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE) se encuentran en la página <https://www.one.gob.do/datos-y-estadisticas/temas/estadisticas-demograficas/>. En algunos municipios la tendencia de la población ha sido a decrecer (tasa intercensal negativa), estos podrían usar los datos del 2010 como un estimado conservador, o estimar la población usando la tasa negativa si esto refleja lo observado por las autoridades. Para algunas localidades cuyo crecimiento intercensal era negativo al 2010, pero que luego esta tendencia se ha revertido (por ejemplo, el municipio Dajabón) se reco-

de dividir la cantidad de personas en el municipio por la cantidad de personas promedio por vivienda.

- $Z_{(1-\alpha/2)}$  es el coeficiente de confianza que corresponde al nivel de confianza que se quiere tener en la muestra. Típicamente se usa 95% de nivel de confianza, lo cual corresponde a un coeficiente de confianza de 1.96. En la tabla debajo se presentan coeficientes para otros niveles de confianza<sup>9</sup>.

Nivel de confianza $Z (1 - \alpha)$	90%	95%	95,50%	99%
Coeficiente de confianza	1,64	1,96	2	2,58

- E es el margen de error, que en la fórmula de OPS se especifica como error máximo permisible el 10% de la generación nacional promedio estimada de 1.0 kg/persona/día. Es decir, E es igual a 0.1. Si se quiere una muestra mayor, y por tanto un resultado más preciso, puede usarse un % menor (por ejemplo, E igual al 5% de la generación per cápita nacional promedio, es decir  $E=0.05$ ).
- $\sigma$  es la desviación estándar de la variable a medir. Esta debería obtenerse de estudios anteriores. Si no existen estudios anteriores, entonces se estima. Se estima como 0.25 cuando no existen suficientes estudios anteriores para calcular una desviación real. En la medida que en el país se tenga una mayor cantidad de estudios de generación, se tendrán valores más reales para  $\sigma$  y por tanto muestras que resulten en una media más ajustada.

Si la fórmula es usada para calcular la muestra de comercios, N corresponderá al número total de establecimientos comerciales. En municipios pequeños que tienen pocos establecimientos (50 o menos), es preferible muestrear el 100% de los establecimientos. Si N es el total de centros educativos, n es la cantidad de centros educativos a muestrear.

## CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA

Para conocer la cantidad de viviendas en el año del estudio, tendremos que hacer una proyección de población.

### **Método Aritmético**

Consiste en agregar a la población del último censo un número fijo de habitantes para cada período en el futuro. Esto implica suponer que el crecimiento es lineal o aritmético, es decir que, si representamos los datos de población en un gráfico, estos se aproximan a una línea recta.

mienda acercarse a la ONE para recibir asesoría sobre como estimar su población actual.

9. <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/muestra-estadistica/>

Este método puede ser aplicable a comunidades pequeñas, como las rurales; o a ciudades grandes, cuyo crecimiento se puede considerar estabilizado (con poca o ningún área urbana de expansión).<sup>10</sup>

### **Método geométrico**

En este se supone que la población crece a la misma tasa que en el último período intercensal, pero de forma geométrica o exponencial, es decir, siguiendo la siguiente ecuación:

$$Pob_{Año n} = Pob_{año 1} \times (1+r)^{Año n - Año 1}$$

Donde:

- $r$  es la tasa de crecimiento (o decrecimiento) del período intercensal. Se determina mediante la expresión  $r = (Población\ del\ último\ censo / Población\ del\ censo\ anterior)^{1/cantidad\ de\ años\ entre\ censos}$ . En República Dominicana, donde los últimos censos son 2002 y 2010 sería:

$$r = \left( \frac{Pob\ 2010}{Pob\ 2002} \right)^{\frac{1}{8}}$$

- Año  $n$  es el año para el cual estamos estimando la población (es decir, el año en el que estamos haciendo el estudio)
- Año 1 es el año del último censo

Este método se recomienda para poblaciones que se encuentran en pleno desarrollo y por períodos cortos en el futuro (10-15 años) con respecto al último censo.

Si se conoce la cantidad de viviendas para varios períodos intercensales, puede proyectarse directamente la cantidad de viviendas.

En caso de tener solo el dato de número de habitantes, se proyecta el número de habitantes y se divide por la cantidad de habitantes por vivienda. El tamaño medio de los hogares en la República Dominicana era 3.56 en el 2010, y se estima en 3.10 al 2022<sup>11</sup>.

10. <https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/dos-metodos-para-la-estimacion-de-poblaciones-futuras/>

11. <https://www.one.gob.do/media/izznva1s/cuadro-n%C3%BAmero-total-estimado-de-personas-en-hogares-particulares-por-a%C3%B1o-seg%C3%BAn-regi%C3%B3n-provincia-2010-2025.xlsx>

## **ANEXO 3. MODELO COMUNICACIÓN INTERNA (MEMO) DE PRESENTACIÓN DE LA PROPUESTA PARA EL ESTUDIO**

Usar hoja timbrada del gobierno local

Fecha (agregar fecha)  
Ciudad (nombre del municipio)

A: (agregar Nombre)  
Alcalde/ del municipio (agregar nombre del municipio)

Atención: (agregar Nombre)  
Presidente/a del Concejo de Regidores  
(agregar Nombre)  
Secretario General

La Ley 225-20 de Coprocesamiento y Gestión Integral de Residuos Sólidos, establece que todos los ayuntamientos tienen la responsabilidad de formular un Plan municipal de gestión integral de residuos sólidos -con objetivos y metas claros; para lo cual se requiere tener información confiable sobre la cantidad y tipo de residuos que generamos en nuestro territorio.

Para estos fines, le proponemos la realización de un estudio de caracterización, cuyo procedimiento tiene una duración aproximada de 30 a 45 días, que incluyen coordinación interna, capacitación del personal involucrado y recolección de muestras por estrato socioeconómico de nuestro municipio; con un costo aproximado de RD\$ xxx.

La importancia de este estudio es generar información fundamental para calcular las maquinarias, equipos y personal que se requiere para mejorar el servicio de recolección que se presta a los municipios; así como para definir la estrategia de aprovechamiento de los residuos valorizables que se generan. Esta información es también útil para acceder a fondos internacionales o del gobierno central.

En espera de una cita para presentarle el perfil del proyecto, metodología, y presupuesto, queda de usted,

Atentamente,

(agregar Nombre)

Encargado de (área responsable)

## **ANEXO 4. MODELO COMUNICACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE LAS VIVIENDAS - COMERCIOS**

Usar hoja timbrada del gobierno local

Fecha (agregar fecha)

Ciudad (nombre del municipio)

Estimado Sr./Sra.

Sirva la presente para saludarlo/a esperando se encuentre bien. Me dirijo a usted con el fin de comunicarle que nuestra institución está realizando un estudio para conocer la generación y composición de los residuos sólidos que se generan en nuestro municipio/distrito municipal.

Dicho estudio necesita de una investigación sobre los residuos (basura) que generan nuestros munícipes, razón por la cual, su vivienda ha sido seleccionada para participar en el mismo. Requerimos del apoyo de su familia, por lo que solicitamos su autorización para retirar los residuos sólidos que generan durante ocho (8) días consecutivos en el horario de [insertar hora].

La recolección de los residuos iniciará el día [insertar fecha] y terminará el día [insertar fecha]; le estaremos entregando una funda para colocar todos los residuos que generan cada día; exceptuando los papeles de baños, pampers y toallas sanitarias que podrán entregarse en una funda diferente.

Durante esos ocho (8) días un camión y personal identificado estará haciendo la recolección solo a su vivienda, por lo cual le agradeceremos no entregar sus residuos a ningún otro camión.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente, queda de usted,

Atentamente.

Firmar y sellar

(insertar nombre)

Alcalde/sa

## **ANEXO 5. MODELO COMUNICACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE LAS INSTITUCIONES**

Usar hoja timbrada de los gobiernos locales o junta de distrito

Fecha (agregar fecha)

Ciudad (nombre del municipio)

Estimado Sr./Sra.

Sirva la presente para saludarlo/a esperando se encuentre bien. Me dirijo a usted con el fin de comunicarle que nuestra institución está realizando un estudio para conocer la generación y composición de los residuos sólidos que se generan en nuestro municipio/distrito municipal.

Dicho estudio necesita de una investigación sobre los residuos (basura) que generan nuestros munícipes, razón por la cual, su institución ha sido seleccionada para participar en el mismo. Requerimos de su apoyo, por lo que solicitamos su autorización para retirar los residuos sólidos que generan en su establecimiento durante cinco (5) días consecutivos en el horario de [insertar hora].

La recolección de los residuos iniciará el día [insertar fecha] y terminará el día [insertar fecha]; le estaremos entregando una funda para colocar todos los residuos que generan cada día; exceptuando los papeles de baños y toalla sanitaria, que podrán entregarse en una funda diferente.

Durante esos cinco (5) días, un camión y personal identificado estará haciendo la recolección solo a su establecimiento, por lo cual le agradeceremos no entregarle sus residuos al camión que por lo regular les ofrece el servicio.

Agradeciendo de antemano su atención a la presente, queda de usted,

Atentamente.

Firmar y sellar

(insertar nombre)

Alcalde/sa



## **ANEXO 6 . MODELO COMUNICACIÓN AL DISTRITO PARA SOLICITUD DE ENCUESTADORES**

Usar hoja timbrada del gobierno local

Fecha (agregar fecha)

Ciudad (nombre del municipio)

Señor/a

(poner el nombre)

Encargado/a del Distrito Escolar (poner el número)

Su despacho.

Estimado Sr./Sra.

En la República Dominicana, a partir de la promulgación de la Ley 225-20 de Coprocesamiento y Gestión Integral de Residuos Sólidos, todos los ayuntamientos tienen la responsabilidad de formular un Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos (PMGIR), con objetivos y metas claros. Para elaborar este plan se requieren de datos de generación y caracterización de los residuos que se generan en el municipio/distrito municipal.

Los estudios de caracterización arrojan informaciones de generación per cápita por nivel socioeconómico en viviendas, comercios e instituciones; composición por tipo y densidad de los residuos sólidos. Información fundamental para calcular las maquinarias, equipos y personal que se requiere para mejorar el servicio que se presta a los munícipes; así como para definir la estrategia de aprovechamiento de los residuos valorizables que se generan.

En ese sentido, le proponemos realizar un acuerdo entre nuestras instituciones a fin de que estudiantes del nivel medio realicen su labor social en calidad de sensibilizadores y encuestadores para levantar la información que se requiere en el estudio.

La jornada tendrá una duración aproximada de 4 días, para realizar la capacitación, encuesta y procesamiento de la información. Dichas encuestas serán realizadas en diferentes sectores del municipio, a un número determinado de viviendas, comercio e instituciones durante un día.

En espera de su atención a la presente, queda de usted,

Atentamente.

Firmar y sellar

(insertar nombre)

Alcalde/sa

## ANEXO 7. ENCUESTA A VIVIENDAS

### Estudio de caracterización de residuos sólidos urbanos

(se puede adaptar a comercios e instituciones)

ID de la Muestra \_\_\_\_\_

Encuesta aplicada por: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre de la persona entrevistada: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Número de personas que habitan en la vivienda: \_\_\_\_\_

#### A) SOBRE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

1. ¿Qué es lo que más se bota al zafacón de basura en tu casa?

Sobras de alimentos  Papeles  Cartones  Plásticos  Vidrio  Latas  Podas  Otro,  
Diga cuál?.....

#### B) SOBRE EL ALMACENAMIENTO Y RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

2. ¿En qué tipo de zafacón tiene la basura en su casa?

caja  tanque  zafacón plástico  bolsa plástica  saco  lata  Otro, diga cuál .....  
.....

3. ¿En qué lugar de la casa se tiene el zafacón de basura?

cocina  patio  jardín o marquesina  Otro, diga cuál.....

4. ¿Quién de la familia se encarga mayormente de sacar la basura en tu casa?

Padre  Madre  Hijo  Hija  Trabajador  Cualquiera

5. ¿El zafacón de basura se mantiene tapado?  SI  NO  Pocas veces

6. ¿Cada cuánto tiempo recogen la basura de tu casa? (Periodicidad en la recolección)  Todos

los días  cada dos días  Cada 3 días  1 vez por semana  Muy pocas veces  Nunca

Otras .....

7. ¿Quién recoge la basura de tu casa?

ayuntamiento  empresa privada  triciclos  no se tiene recogida  Otros,  
indique.....

8. Cuando se acumula varios días la basura en tu casa, ¿qué se hace con esta basura?

quema  entierra  bota a la calle  bota al río  se lleva al botadero más cercano  otra,  
diga cuál .....

9. ¿Tener un botadero/punto crítico en la calle cerca a tu casa, ¿qué significa principalmente para ti?  Comodidad  Molestias  Ninguna ¿Por qué? .....

10. ¿Por qué crees que existen acumulaciones de basura en tu sector o calle?  Porque no pasa el camión  Por falta de educación ciudadana  No hay ese problema  Mala organización  No sabe

11. ¿Qué efectos negativos entiende que trae la acumulacion de basura?  
 Plagas (moscas, mosquitos, cucarachas, ratones)  Enfermedades  Otros, especifique \_\_\_\_\_

12. ¿Ha participado en alguna actividad, campaña o concurso de limpieza en su sector?  NO  SI Hace cuánto tiempo?..... Quién la organizó.....

### **C) SOBRE LA SEPARACION Y REUSO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

13. ¿Utiliza las sobras de las comidas para otra cosa?  SI ¿En qué?.....  NO

14. ¿Qué se hace en tu casa con las botellas de plástico vacías?  
 Se botan  Se venden  Se regalan  Otro uso .....

15. ¿Qué se hace en tu casa con las botellas de vidrio vacías?  
 Se botan  Se venden  Se regalan  Otro uso .....

16. ¿Qué se hace en tu casa con las bolsas de plástico usadas?  
 Se botan  Se venden  Se regalan  Se usan para echar basura  Otro uso .....

17. ¿Qué se hace en tu casa con las latas?  
 Se botan  Se venden  Se regalan  Se usan para echar basura  Otro uso .....

18. ¿Qué se hace con el periódico y el cartón?  
 Se botan  Se venden  Se regalan  Otro uso .....

19. ¿Con su residuos hace algún tipo de manualidad?  
 NO  Sí ¿Qué tipo de manualidades hace(n)?: .....

20. ¿Estaría decidido a separar sus residuos en casa para facilitar su aprovechamiento?  
 Sí  NO Por qué?.....

21. ¿Ha visto en su sector recolectores callejeros de residuos, o buzos?  
 NO  Sí. Qué residuos recolectan.....

**D) SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE PAGAR SERVICIO**

22. ¿Está usted satisfecho con el servicio de recogida de basura?

( ) Sí ( ) NO ¿Por qué?.....

23. En la actualidad, ¿paga por el servicio de recogida de basura?

( ) NO ( ) Sí ¿Cuánto paga?\_\_\_\_\_

24. ¿Cuál de las siguientes frecuencias de recogida de la basura le resulta más eficiente? ( )

Todos los días ( ) interdiario ( ) 1 vez por semana ( ) 2 veces por semana

25. ¿En qué horario le parece más adecuado el servicio de recolección de la basura? ( ) Mañana

( ) Tarde ( ) Noche Indique la hora:.....

26. ¿En qué horario le parece más adecuado el servicio de barrido de las calles? ( ) Mañana ( )

Tarde ( ) Noche Indique la hora:.....

27. ¿Cuánto estaría dispuesto (a) a pagar por el servicio de recogida de residuos? ( ) 0-50 ( )

50-100 ( ) 100-200 ( ) 200-300 ( ) 300-500 ( ) Nada

**E) COMENTARIOS FINALES**

---

---

---

---

**F) OBSERVACIONES DEL ENCUESTADOR(A):**

---

---

---

# ANEXO 8. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

## FORMATOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

### Formato N° 1 Información de la población muestral (viviendas seleccionadas)

N°	Código de Vivienda	Nombre y Apellido	Dirección de la vivienda	# de habitantes	Firma
1					
2					
3					

Responsable del Registro: \_\_\_\_\_

# ANEXO 9. REGISTRO DE PESOS DE MUESTRA

## Formato N° 2 / Generación per cápita diaria de residuos (GPC)

Fecha: \_\_\_\_\_

Responsable del Registro: \_\_\_\_\_

N°	Código de Vivienda	Peso de la funda W (kg)	Observaciones

## ANEXO 10. DENSIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS

### Formato N° 3 Densidad de los residuos sólidos

Responsable del Registro: \_\_\_\_\_

Peso del cilindro vacío ( $W_c$ ): \_\_\_\_\_ kg

Altura del cilindro ( $H_c$ ): \_\_\_\_\_ m

Diámetro del cilindro ( $D_c$ ): \_\_\_\_\_

No.	Fecha	Peso del recipiente lleno	Altura libre sin compactar (m) <sup>2</sup>	Volumen sin compactar (m) <sup>2</sup>	Volumen compacto (m) <sup>2</sup>	Altura libre compactado (m)	Observaciones
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

## ANEXO 11. FICHA ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS

Fecha: \_\_\_\_\_ Responsable del Registro: \_\_\_\_\_

Componente	Peso (kg)						
	1	2	3	4	5	6	7
A. Residuos aprovechables (A1 + A2)							
A.1 Orgánicos							
Residuos orgánicos:							
Residuos alimenticios (restos de comida, frutas, huesos)							
Residuos de jardines (restos de poda áreas verdes)							
A.2 Reciclables							
Papel:							
Papel blanco							
Papel periódico							
Cartón:							
Vidrio:							
Vidrio blanco							
Vidrio marrón							
Vidrio verde							
Plástico:							
PET (botellas de agua, refresco o jugos)							
HDPE (plástico duro: galones, sillas, cubetas, etc.)							
Fundas plásticas							
Otros plásticos							
Tetrapack							
Latas (Aluminio)							
Metales (hierro, Cobre, etc.)							
B. Residuos no aprovechables							
Envolturas de golosinas, galletas, papitas							
Foam							
Telas o textiles							
Otros							
Material inerte (tierra, piedras)							
C. Residuos sólidos peligrosos							
(Pilas, baterías, envases con aceites, fluorescentes, pintura, papel higiénico, toallas sanitarias, pañales)							
<b>TOTAL (A+B+C)</b>							



## **ANEXO 12. INSTRUCCIONES PARA LA REALIZACIÓN DEL INFORME ESTUDIO**

### **Índice**

Incluir todos los títulos del informe con número de página. Para hacerlo automáticamente, en el programa de Word, escriba cada título utilizando la herramienta "formato/estilo de párrafo/Título (ajustarlo al tamaño 14 o 16, fuente y color deseado). Los demás textos deben hacerse en "texto normal" en tamaño 12.

Luego podrá insertar automáticamente el índice usando "insertar/índice"

### **Presentación**

Debe expresar la motivación para realizar el estudio y a qué contribuye, un agradecimiento a las instituciones que se involucraron. Debe estar firmado por el alcalde o alcaldesa, podrá incluirse la firma del presidente/a del concejo de regidores. No debe exceder de una página y puede incluir una foto ya sea del equipo que realizó el estudio o de la máxima autoridad.

### **Introducción**

La introducción es un resumen de lo que será explicado en el informe de estudio de caracterización debe incluir datos de: nombre del territorio y autoridad actual, definir el tema, Por qué y para que se hace el estudio de caracterización, una breve descripción con los puntos claves de cómo se realizó, quienes se involucraron, cuales fueron los resultados de GPC, Generación total, cantidad porcentual de orgánicos, reciclable y peligroso.

Debe redactarse descriptivamente de forma clara y precisa, con las ideas concatenadas, su extensión no debe exceder de dos páginas.

Si se realizó en el marco de algún proyecto debe ponerse el nombre y el propósito vinculado al tema.

### **Descripción del municipio o distrito municipal**

Debe incluir el nombre completo del territorio, a cuál provincia pertenece, sus límites geográficos, población segregada (hombre y mujer), con la referencia del año del dato; sus principales fuentes económica, recursos naturales y turísticos; y otros datos que inciden en el tema como son: cantidad de estudiantes y centros educativos, cantidad de industrias y comercios, fechas de su carnaval u otras festividades.

### **2. Objetivos del estudio**

El objetivo general de la caracterización debe expresar de forma clara, concisa y realista el resultado que se desea alcanzar al final del estudio.

Los objetivos específicos son cada una de las etapas que se definen para lograr el objetivo general.

### **3. Metodología del estudio**

En este punto debe describirse de forma muy precisa cómo fue realizada cada una de las etapas del estudio. Incluir las coordinaciones y acuerdos que se realizaron, la cantidad de reuniones y capacitaciones que se requirieron, incluyendo con quien y cuantas personas participaron respectivamente; también la cantidad de recursos humanos y económicos involucrados.

Debe expresarse el número de muestra domiciliaria y no domiciliaria que se realizó, podrá indicarse los sectores donde fueron realizadas (puede incluirse un mapa y una tabla de muestra por sector socioeconómico); para la muestra no domiciliaria podría incluirse una tabla con el listado de las instituciones, comercios y centros educativos que participaron (considere ponerlas en anexos).

Una descripción del procedimiento para la realización del estudio, las fechas en que fueron realizados los diagnósticos y la recopilación de las muestras, el involucramiento de los ciudadanos y dificultades encontradas (incluir fotos con nota al pie).

### **4. Resultados del estudio**

En este punto se hace un resumen de los resultados de la encuesta apoyado de una tabla o un gráfico con los resultados de las preguntas que se consideren más relevantes.

Puede ponerse por separado o en un mismo capítulo la descripción de los resultados de las encuestas realizadas a los generadores domiciliarios y no domiciliarios.

Punto 1: Datos de la caracterización domiciliaria, esta debe incluir la información de la generación per cápita GPC, generación total (GPC x total de población), una tabla del pesaje por día, una tabla de la composición, con una descripción o resumen de la cantidad de orgánicos, reciclables y peligrosos, que se generan; acompañados de la cantidad de gráficos que se desee.

Punto 2: Igual que lo anterior, lo mismo se describe para la caracterización no domiciliaria, podrá incluirse un listado de las instituciones.

Para ambos acápite pueden incluirse listados de los encuestados con datos de contactos.

### **5. Conclusiones**

La conclusión verifica el cumplimiento o no de los objetivos.

### **6. Recomendaciones**

#### **Bibliografía**

#### **Anexos**

Esta edición de  
**GUÍA PARA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DE  
CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS  
MUNICIPALES,**  
de FEDOMU,  
se terminó de imprimir en diciembre de 2022  
en los talleres gráficos de Editora Búho, S.R.L.  
Santo Domingo, República Dominicana.

## Financia



**Junta de Andalucía**  
Agencia Andaluza de Cooperación  
Internacional para el Desarrollo



DIPUTACIÓN  
DE JAÉN



DIPUTACIÓN  
DE HUELVA  
OBJETIVOS DE DESARROLLO  
SOSTENIBLE