



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

PERÚ  
LIMPIO

# GUÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES



SERIE GUÍAS TÉCNICAS

## **GUÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

**Ministerio del Ambiente**

**Viceministerio de Gestión Ambiental**

**Dirección General de Gestión de Residuos Sólidos**

**Editado por:**

© Ministerio del Ambiente

Av. Antonio Miroquesada 425, Magdalena del Mar  
Lima-Perú

**Cita sugerida:** MINAM. (2019). Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales.

**Fecha de publicación:**

Noviembre, 2019

La presente publicación es el texto de divulgación de la Resolución Ministerial N.º 457-2018-MINAM, que aprueba la *Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales*, publicada en el diario oficial El Peruano el 4 de enero de 2019

# ÍNDICE

**1** Presentación  
Pag. 5

**2** Objetivo  
Pag. 6

**3** ¿A quién  
está dirigida?  
Pag. 6

**4** ¿Qué es la  
caracterización  
de residuos sólidos  
municipales?  
Pag. 6

**5** Consideraciones  
para la actualización  
del estudio  
pag. 7

**6** Temporalidad  
del estudio  
Pag. 7

**7** Base Legal  
Pag. 8

**8** Etapas para elaborar e  
implementar el EC-RSM  
8.1 Planificación  
8.2 Trabajo de campo y  
8.2 operaciones  
8.3 Análisis de información  
Pag. 9

**9** Literatura  
Consultada  
Pag. 68

**10** Acrónimos  
Pag. 69

**11** Glosario  
Pag. 70

**12** Anexos  
Pag. 74





# 1

## PRESENTACIÓN

De acuerdo a las cifras oficiales con las que cuenta el país, se presentan marcadas brechas en la prestación de los servicios de limpieza pública a nivel municipal. Para poder desarrollar las operaciones y procesos que aseguren la gestión de estos residuos, es necesario caracterizarlos a través de estudios que permitan dimensionar adecuadamente los requerimientos particulares en cada distrito.

En la actualidad gran parte de las municipalidades desarrollan las operaciones y procesos para el manejo de residuos sólidos sin contar con información básica acerca de la generación de residuos sólidos y su caracterización, lo cual se ve reflejado en la baja calidad del servicio brindado y muchas veces en la improvisación de tecnologías que no se adecuan a las características de la zona.

En ese sentido, es importante contar con una metodología estandarizada sobre la cual las municipalidades a nivel nacional puedan desarrollar estudios de caracterización que generen resultados consistentes, permitiendo el diseño de todas las operaciones y procesos del manejo de los residuos sólidos.

Para cumplir con este fin, el Ministerio del Ambiente propone la presente guía, la cual permitirá orientar a los servidores civiles de las municipalidades, especialistas y otros profesionales y técnicos que trabajan en la gestión integral de los residuos sólidos en el desarrollo de Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos.

El Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM) permitirá determinar: La generación de residuos sólidos por cada habitante por día o generación per cápita (GPC), el cual es un dato comparable entre diferentes ámbitos de estudios. La generación total del municipio en función a la cantidad de habitantes. La densidad que permite dimensionar diversos sistemas de almacenaje, transporte y disposición final. La composición por tipo de residuos que permite recomendar diversos tipos de intervención como la valorización orgánica o inorgánica. El contenido de humedad, que permitirá aprobar o descartar ciertas tecnologías a aplicar para la disposición final.

## 2 OBJETIVO

Orientar la elaboración de Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM) mediante pautas metodológicas que describen en forma clara y sencilla los pasos para la obtención de cifras locales relacionadas a estos residuos.

## 3 ¿A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDA?



Servidores civiles de municipalidades que son responsables y participan de la gestión de los residuos sólidos municipal.



Especialistas que trabajan en el manejo de residuos sólidos.



Otros profesionales y técnicos interesados en participar en el proceso de manejo de residuos sólidos.

## 4 ¿QUÉ ES LA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES?

Es una herramienta que nos permite obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos, en este caso municipales.

La caracterización de residuos sólidos municipales se realiza a través de un estudio, en el cual se obtienen datos tales como: cantidad, densidad, composición y humedad de los residuos sólidos en un determinado ámbito geográfico. Esta información permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos, y la planificación administrativa y financiera del servicio de limpieza pública.

El EC-RSM representa un insumo fundamental para elaborar una serie de instrumentos para la gestión de los residuos sólidos, así como proyectos de inversión y otros que permitan tomar decisiones en la gestión integral de residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo.



El EC-RSM representa un insumo fundamental para elaborar una serie de instrumentos para la gestión de los residuos sólidos, así como proyectos de inversión y otros.



El EC-RSM se realiza cada 5 años.

## 5 CONSIDERACIONES PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO

La actualización del EC-RSM se realiza cada 5 años.

Cabe señalar que para la actualización del EC-RSM, las municipalidades deben considerar mínimamente los siguientes aspectos:



Crecimiento poblacional.



Implementación de estrategias de minimización de residuos sólidos.



Desarrollo o incremento de actividades económicas: comerciales, productivas, servicios, extractivas y otras que desarrollen en su distritos.



En casos donde exista diferencias significativas en la generación de residuos sólidos en las diferentes temporadas del año, es necesario realizar más de un estudio.

## 6 TEMPORALIDAD DEL ESTUDIO

El EC-RSM deberá realizarse sobre una generación regular de residuos en el ámbito del distrito. En este sentido, la ejecución no deberá realizarse en épocas donde la generación de residuos disminuya o aumente significativamente.

En casos donde existan diferencias significativas en la generación de residuos sólidos en las diferentes temporadas del año, es necesario realizar más de un estudio. Por ejemplo: en el caso de balnearios se podría realizar un estudio en temporada alta y otro en temporada baja. Esta condición podría ayudar al municipio a determinar el alquiler de maquinarias y equipos o mejorar la programación de recursos físicos y financieros, entre otros que aseguren un correcto servicio de limpieza pública.

## 7 BASE LEGAL



Resolución Ministerial N° 191-2016-MINAM, que aprueba el “Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PLANRES 2016-2024”.

Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, que aprueba el Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.



Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.

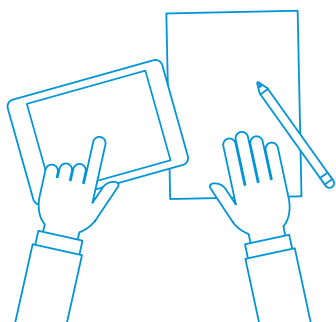
Decreto Supremo N° 017-2017-TR, que aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Obreros Municipales del Perú.

Resolución Ministerial N° 249-2017-TR, que establece disposiciones técnicas y medidas complementarias al Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo de los Obreros Municipales del Perú.



Ley N° 29419, “Ley que regula la actividad de los recicladores” y su reglamento aprobado con el Decreto Supremo N° 005-2010-MINAM.

## 8 ETAPAS PARA ELABORAR E IMPLEMENTAR EL EC-RSM



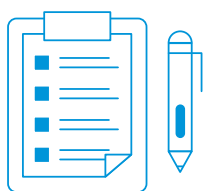
### ETAPA 1: PLANIFICACIÓN

- A. Conformación del equipo de planificación.
- B. Conformación del equipo de campo.
- C. Aseguramiento de aspectos logísticos.
- D. Identificación de las muestras por fuentes de generación.



### ETAPA 2: TRABAJO DE CAMPO Y OPERACIONES

- A. Procedimiento para la participación de los predios del estudio.
- B. Procedimiento para el manejo de las muestras.
- C. Procedimiento para el análisis de las muestras.



### ETAPA 3: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

- A. Estimación de GPC de residuos sólidos domiciliarios.
- B. Validación de la GPC hallada.
- C. Estimación de generación de residuos sólidos no domiciliarios.
- D. Estimación de generación de residuos sólidos especiales.
- E. Estimación de la generación total de residuos sólidos municipales.
- F. Estimación de la composición de residuos sólidos.
- G. Estimación de la densidad de residuos sólidos.
- H. Estimación de la humedad de residuos sólidos.

## 8.1 ETAPA DE PLANIFICACIÓN

Esta etapa incluye la conformación de equipos con los que se desarrollará el EC-RSM a fin de favorecer la operatividad del mismo, para evitar o minimizar los costos de posibles imprevistos que puedan generarse. Para ello deberá considerar lo siguiente:

### A. Conformar el equipo de planificación

El equipo de planificación responsable del estudio debe ser designado a través de un documento oficial emitido por la autoridad municipal, ya sea el/la alcalde o el/la gerente municipal.

Dicho equipo debe estar conformado por los representantes de las siguientes gerencias/subgerencias, según corresponda:



El documento oficial para designar al equipo de planificación puede ser Resolución de Alcaldía o Resolución de Gerencia Municipal.



Medio Ambiente  
o quien haga  
sus veces



Limpieza  
Pública o quien  
haga sus veces



Rentas y  
Catastro o  
quien haga sus  
veces



Planificación y  
Presupuesto o  
quien haga sus  
veces



Administración o  
quien haga sus  
veces



Logística o  
Abastecimiento  
o quien haga  
sus veces



El documento oficial para aprobar el informe final elaborado por el responsable del equipo de campo puede ser Resolución de Alcaldía o Resolución de la Gerencia Municipal.

Responsabilidades de las Áreas / Gerencias / Subgerencias que Conforman el Equipo de Planificación	
Área/Gerencia/Subgerencia	Responsabilidad
Medio Ambiente o quien haga sus veces	Conducir y gestionar el proceso para elaborar el estudio. Aprobar el Plan de Trabajo elaborado por el responsable del equipo de campo.
Limpieza Pública o quien haga sus veces	Supervisar la integridad del desarrollo del trabajo de campo.
Rentas y Catastro o quien haga sus veces	Facilitar la información para el desarrollo del estudio como mapas de zonificación, direcciones actualizadas, actividad de los predios, entre otros.
Planificación y Presupuesto o quien haga sus veces	Programar y asegurar el presupuesto para el desarrollo del EC-RSM.
Administración o quien haga sus veces	Asegurar los procesos para la adquisición de insumos y bienes para el desarrollo del EC-RSM.
Logística o Abastecimiento o quien haga sus veces	Asegurar la distribución y entrega oportuna de los insumos y bienes para el desarrollo del EC-RSM.

El equipo de planificación deberá brindar al responsable de equipo de campo la siguiente información:

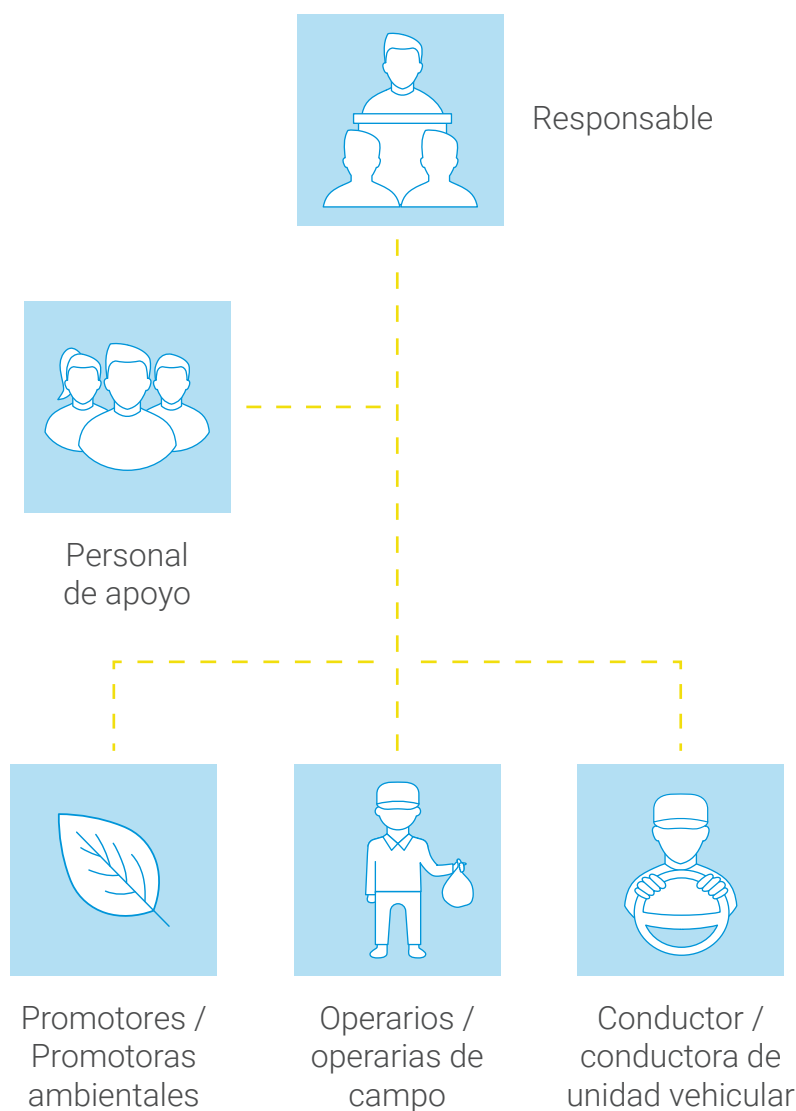
- Plano catastral del distrito.
- Base de datos de predios actualizado que incluya el número de establecimientos comerciales por rubro, generadores de residuos especiales y viviendas por nivel socioeconómico.
- Base de datos de las personas (promotores ambientales, operarios de campo, padrón de asociaciones de recicladores y otros) que participarán en el EC-RSM.

Asimismo, el equipo de planificación recibirá el informe final elaborado por el responsable del equipo de campo y lo elevará a la alcaldía o gerencia municipal para su aprobación mediante documento oficial.

## B. Conformar el equipo de campo

Para la conformación del equipo de campo se requiere contar con un/una responsable (profesional o técnico/a), que cuente con experiencia en la elaboración de estudios de caracterización de residuos sólidos municipales, así como vínculo laboral vigente con la municipalidad. El/la responsable será designado/a por el equipo de planificación mediante documento oficial.

El/la responsable debe conformar los/las integrantes del equipo de campo para el desarrollo del EC-RSM. Dicho equipo podrá ser conformado por trabajadores/as de la municipalidad, voluntarios/as, estudiantes universitarios/as, asociación de recicladores/as y comunidad en general.



El documento para designar al responsable del equipo de campo debe ser un memorando emitido por el área/gerencia o subgerencia de Medio Ambiente o quien haga sus veces.



Los/as estudiantes universitarios/as que conforman el equipo pueden ser de carreras técnicas y profesionales de ingeniería, ciencias u otros afines.



Tareas y Responsabilidades de los Integrantes del Equipo de Campo		
Personal	Responsabilidad	Tareas
Profesional o técnico responsable	<p>Liderar el proceso de desarrollo y culminación del EC-RSM.</p> <p>Supervisar y monitorear la integridad del trabajo de campo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinar directamente con el equipo técnico respecto al abastecimiento de bienes, insumos e información.</li> <li>• Elaborar el plan de trabajo para el desarrollo del EC-RSM y presentarlo al área/gerencia/subgerencia de Medio Ambiente o quien haga sus veces para su aprobación.</li> <li>• Realizar el reconocimiento de las zonas de trabajo.</li> <li>• Aplicar la metodología y procedimientos para el trabajo de campo.</li> <li>• Capacitar y asignar tareas al equipo de campo.</li> <li>• Asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad, salud e higiene en el trabajo.</li> <li>• Gestionar la recolección y transporte de las muestras de los residuos para su disposición final adecuada.</li> <li>• Gestionar con el laboratorio el horario de ingreso de las muestras para el análisis de humedad.</li> <li>• Analizar la información y generar resultados.</li> <li>• Elaborar el informe del EC-RSM y presentarlo al equipo técnico, de acuerdo al Anexo 9.</li> </ul>
Personal de apoyo	Apoyar al responsable para el cumplimiento del desarrollo y culminación del EC-RSM.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventariar y entregar con cargo los materiales, insumos e implementos a los/las promotores/as, operarios/as y conductor/a de la unidad vehicular de recolección.</li> <li>• Realizar el seguimiento de las labores de los promotores/as, operarios/as y conductor/a de la unidad vehicular de recolección.</li> <li>• Registrar los datos de pesaje y composición de los residuos.</li> <li>• Realizar el muestreo para la determinación de humedad.</li> <li>• Verificar la operatividad de los equipos (balanza digital, cámara fotográfica, etc.) y la unidad vehicular de recolección antes y después de las actividades diarias.</li> </ul>
Promotores /as ambientales	Asegurar la participación de los/las generadores en el EC-RSM.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar y empadronar a los/las participantes del EC-RSM.</li> <li>• Acompañar permanentemente a los/las operarios de campo.</li> </ul>
Operarios/as de campo	Realizar la recolección de las muestras de residuos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entregar los insumos (bolsas) a los/las participantes.</li> <li>• Recolectar, pesar y clasificar las muestras de residuos sólidos conforme a los lineamientos señalados por el/la responsable.</li> </ul>
Conductor/a de la unidad vehicular de recolección	Asegurar el adecuado transporte de las muestras de residuos por las rutas y horarios de recolección establecidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la revisión y limpieza de la unidad vehicular de recolección antes, durante y después de su uso diario.</li> <li>• Reportar oportunamente el abastecimiento de combustible al responsable.</li> </ul>

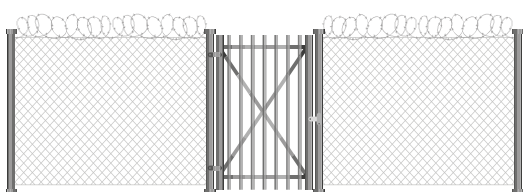
La cantidad necesaria de promotores/as ambientales, operarios/as de campo y conductores/as de las unidades vehiculares de recolección estarán de acuerdo al ámbito de estudio, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cantidad de predios (incluye establecimientos comerciales por rubro, generadores de residuos especiales y viviendas por nivel socioeconómico).
- Extensión, ámbito y condiciones geográficas.
- Nivel socioeconómico.
- Movimiento comercial que se evidencie, y otros que considere relevantes.

### C. Asegurar los aspectos logísticos

Los principales aspectos logísticos para el desarrollo del trabajo de campo serán:

#### Espacio físico:



La municipalidad deberá habilitar un espacio físico para realizar el acopio de las muestras, pesaje y clasificación a fin

de obtener datos técnicos conforme a la metodología del EC-RSM.

Para la identificación del espacio físico se debe considerar: ámbito geográfico y el tamaño de la muestra.

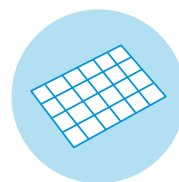
El/la responsable de campo deberá proponer el espacio físico en coordinación con el equipo técnico, y realizar las coordinaciones con el área/gerencia/subgerencia respectiva.

Dicho espacio deberá estar ubicado en un lugar de fácil acceso para la recepción de las muestras y contar con lo siguiente:

- Cerco perimétrico o espacio físico cercado.
- Piso de fácil lavado.
- Servicios higiénicos (que incluya duchas y vestidores), según disponibilidad.
- Servicios básicos (luz, agua y desagüe), según disponibilidad.
- Almacén.
- Techo según las condiciones climáticas.
- Accesibilidad a implementos de seguridad (extintor, botiquín)



La municipalidad deberá habilitar un espacio físico para realizar el acopio de las muestras, pesaje y clasificación a fin de obtener datos técnicos conforme a la metodología del EC-RSM.



Se recomienda que el piso de fácil lavado del espacio físico sea de concreto o con cubierta impermeabilizante



Las unidades vehiculares para recolección y transporte de residuos sólidos pueden ser: camión baranda, moto furgón triciclos (a pedal y motorizados), entre otros.



#### CONSIDERACIONES

- En ocasiones es posible utilizar los ambientes de una universidad local, así como los locales comunales con los que cuentan algunas organizaciones vecinales o los auditorios municipales.
- Evitar que la capacitación sea en oficinas, patios, pasadizos o cualquier otro espacio abierto o en el que haya flujo de personas que no sean parte del proceso; dado que puede generar incomodidades mutuas e interrumpir la atención del público objetivo.

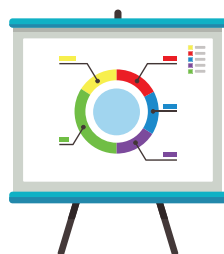
### Unidad vehicular para la recolección y transporte de residuos sólidos:

La unidad vehicular para la recolección y transporte de residuos sólidos debe tener una capacidad de carga conforme al volumen de las muestras de los residuos a recolectar.

Las unidades vehiculares a ser utilizadas, pueden ser: camión baranda, motofurgón, triciclos (a pedal y motorizado) entre otros.



### Logística para la capacitación del equipo de campo:



La capacitación que brindará el responsable a los/las promotores/ras ambientales, operarios/as de campo y conductor/a de la unidad vehicular para recolección, es importante para lograr el desarrollo adecuado del EC-RSM.

Para el desarrollo de la capacitación se deberá considerar lo siguiente:

- Ambiente adecuado (aula, auditorio, sala de reuniones, entre otros).
- Pizarra y/o papelotes.
- Carpetas o sillas.
- Computadora.
- Presentación didáctica en Power Point.
- Proyector y ecran o pantalla.

### ¿CÓMO HACERLO?

Se recomienda el siguiente contenido mínimo para las capacitaciones:

- Lineamientos generales de la gestión de residuos sólidos.
- ¿Qué es el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos y para qué sirve?.
- Metodología para el desarrollo del EC-RSM.
- ¿Cómo será el trato a los/las participantes del EC-RSM? (se sugiere dinámica de juego de roles).
- Aspectos de salud y seguridad ocupacional.

Asimismo, en el Anexo 1 se presentan los lineamientos de capacitación a sensibilizadores.

### Provisión de insumos:

Se deben utilizar materiales de comunicación que ayuden a recordar a los/las participantes la importancia del EC-RSM.

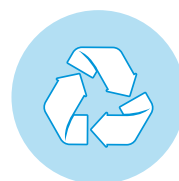
En el caso de la comunicación formal se emite un oficio o una carta de invitación a los/las participantes (generadores/as) para comunicar que la municipalidad realizará el EC-RSM.



En el Anexo 2 se presenta el modelo de documento de invitación para participar del EC-RSM.

Por otro lado, los materiales de difusión pueden ser: dípticos, trípticos, sticker de identificación de predios, entre otros; los cuales deben reflejar las características locales tomando en cuenta la identificación del público objetivo (hacia quien será dirigido, el lenguaje cotidiano y coloquial de las personas) y evitando usar tecnicismos.

Asimismo, se deberá considerar un documento de identificación para los/as promotores/as ambientales y a los/as operarios/as de recolección de los residuos sólidos, los cuales pueden ser: fotochecks, carta de presentación u otro documento de acreditación de la municipalidad.



En el Anexo 3 y 4 se presenta el modelo referencial de material de sensibilización a la población para la participación en el EC-RSM.

LOGO DE LA MUNICIPALIDAD	
ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DE _____	
	Nombres y Apellidos _____
	DNI: _____
	Vigencia: _____

Modelo de identificación de personal de campo para el estudio.



La codificación para los generadores deberá identificar el número de la unidad muestral, la zona y el tipo de unidad predial.

### Diseño y elaboración de registros:



Los registros vienen a ser todos los documentos y medios que evidencian una acción, los cuales serán analizados para la elaboración del informe final del EC-RSM. Por ejemplo: padrones de participación, fichas de campo, formatos que se utilizan para la toma de datos, entre otros.


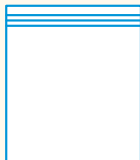
Un tipo de registro que no es físico, pero que debe diseñarse con la debida anticipación es la codificación de los generadores domiciliarios, no domiciliarios y especiales, ya que este código debe mostrar el número de la unidad muestral, la zona a la que pertenece y el tipo de unidad predial (vivienda, instituciones públicas y privadas, comercio, servicios, entre otros).

### Materiales y equipos para el estudio:

Los materiales y equipos utilizados se detallan en el siguiente cuadro:



En caso se cuente con diferentes zonas o clases de generadores, se puede optar por trabajar con bolsas de diferentes colores o tamaños.

Material o equipo	Finalidad	Especificaciones	Imágenes Referenciales
Bolsas	Almacenamiento de residuos en los predios participantes.	Capacidad desde 40 l Espesor desde 50 µm	
	Muestra para análisis de humedad.	Bolsa hermética de capacidad de 2 kg	

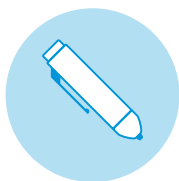
Material o equipo	Finalidad	Especificaciones	Imágenes Referenciales
Balanza digital	Pesaje de las muestras de residuos sólidos.	Registro de peso hasta 100 kg y nivel de precisión 0,50 g.	
Cilindros	Estimación de la densidad de los residuos sólidos.	Metal o plástico de medidas uniformes (con una capacidad aproximada de 200 l)	
Manta para segregación	Segregación de residuos sólidos y protección del piso durante la realización del EC-RSM.	De polietileno, espesor entre 2 µm y 2,5 µm	
Wincha	Estimación de la densidad de los residuos sólidos.	Longitud mínima de 3 m	
Caja hermética (cooler o caja de tecnopor)	Traslado y conservación de las muestras para la determinación de la humedad de los residuos sólidos.	Dimensiones mínimas de 0,25 m (ancho), 0,35 m (largo) y 0,25 m (altura)	



El uso de la manta para segregación asegura que las muestras de los residuos sólidos no se contaminen con tierra (en caso el piso sea de suelo natural) u otros materiales ajenos.



Se recomienda que el tipo de caja hermética cumpla con todas la especificaciones dadas por el laboratorio que realizará el análisis de humedad.



Entre los útiles de escritorio se deben considerar: plumones indelebles, lapiceros, plumones para pizarra acrílica, tijeras, cinta adhesiva, engrapadora, tableros, entre otros.




Entre las herramientas y materiales de limpieza se tienen: Escobas, recogedores, lampas, detergente, lejía, entre otros.

Material o equipo	Finalidad	Imágenes Referenciales
Útiles de escritorio	Contar con implementos para el desarrollo del estudio en campo.	
Herramientas y materiales para la limpieza	Limpieza del espacio que se ha utilizado para el estudio de las muestras de los residuos sólidos.	
Útiles de aseo personal y botiquín	Limpieza y cuidado del personal de campo.	

Material o equipo	Finalidad	Imágenes Referenciales
Computadora	Cálculo de los parámetros y elaboración del documento del EC-RSM.	
Cámara fotográfica	Registro fotográfico de todas las etapas del desarrollo del EC-RSM.	

### Equipos de protección personal e indumentaria:



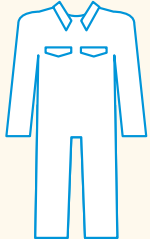
Los equipos de protección personal que se requerirán mínimamente son los siguientes:

Material o equipo	Especificaciones	Imágenes Referenciales
Mascarillas	Con bandas elásticas pre-estirables, ajustable a la nariz y con filtro que proteja de partículas, bacterias y vapores orgánicos.	





El uniforme a usar por el personal deberá tener en cuenta las condiciones geográficas y climáticas de cada región.

Material o equipo	Especificaciones	Imágenes Referenciales
Guantes	Blandos, de nitrilo y neopreno.	
Mandiles	Material de plástico tipo PVC que cubra hasta debajo de la rodilla.	
Uniforme	Material transpirable según las medidas antropométricas de los/as operarios/as.	
Gorra	Que cubra el cabello y el material debe ser según las condiciones climatológicas de la región.	

Material o equipo	Especificaciones	Imágenes Referenciales
Calzado	Botas de jebe alta, livianas, con doble forro, interior antihongos y suela antideslizante.	
Lentes de seguridad	Transparentes, antiralladura, antiempañante.	



Los residuos sólidos municipales pueden ser clasificados por tipos de generadores, cuyos residuos sólidos provienen de distintas fuentes de generación, las cuales se dividen en clases.

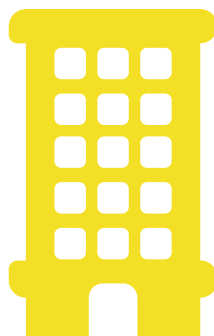
#### D. Identificación de muestras por fuentes de generación

De acuerdo a la normativa vigente los residuos sólidos municipales pueden ser clasificados por tipos de generadores, de la siguiente manera:



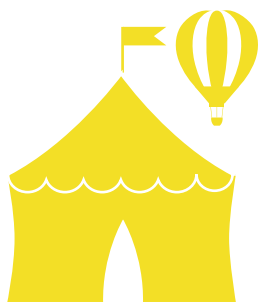
**Residuos sólidos domiciliarios**, que comprenden específicamente como fuente de generación a las viviendas, entendiéndose como tales a cualquiera de los predios con el uso específico “casa habitación”; los cuales se pueden clasificar por el nivel socioeconómico (alto, medio y bajo).

**Residuos sólidos no domiciliarios**, que comprenden una amplia variedad de actividades económicas e institucionales: establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles, mercados, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas y el servicio de barrido y limpieza de espacios públicos. Dichas fuentes de generación se pueden clasificar como se detalla a continuación:



La definición de los generadores no domiciliarios, se deberá tener en cuenta lo dispuesto en el artículo 34 del Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y conforme a las disposiciones de la autoridad competente.

Fuentes de Generación	Clases	Subclases
Establecimientos comerciales	Bodegas, ferreterías, panaderías, librerías, bazares, cabinas de internet, locutorios, farmacias y boticas, salones de belleza, peluquerías, centros de entretenimiento (cines, discotecas, casinos, entre otros).	En caso aún se evidencien diferencias significativas en las clases determinadas, estas se podrán subdividir para realizar proyecciones de generación de manera más consistente. Por ejemplo las clases "Colegios" o "Universidades" que se pueden dividir por el número de alumnos (con 200 o más alumnos y con menos de 200 alumnos).
Hoteles	Hostal, hotel y hospedaje.	
Mercados	Mayoristas y minoristas.	
Instituciones públicas y privadas	Entidades públicas y privadas, iglesias, bancos y oficinas administrativas.	
Instituciones Educativas	Colegios, universidades, institutos y academias.	
Restaurantes	Chifas, cevicherías, picanterías, establecimientos de comida rápida y bares.	
Barrido y limpieza públicos	Servicio de barrido y limpieza de espacios públicos de calles y servicio de mantenimiento de áreas verdes.	



**Residuos sólidos municipales especiales**, que comprenden a aquellos residuos que siendo generados en áreas urbanas, por su volumen o características, requieren de un manejo particular, tales como residuos de laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentos, centros veterinarios, centros comerciales, eventos masivos como conciertos, concentraciones y movilización temporal humana, ferias, residuos de demolición o remodelación de edificaciones de obras menores no comprendidos dentro de las competencias del Sector Vivienda y Construcción entre otros, salvo los que están dentro del ámbito de competencias sectoriales.

El cálculo y distribución de las muestras necesarias para realizar el EC-RSM, según los tipos de generadores de residuos sólidos deberá analizarse independientemente, de la siguiente manera:

#### a. Identificación de generadores domiciliarios:

##### a.1 Tamaño de muestra

Para este tipo de estudios existen diversos métodos estadísticos para determinar un número mínimo de muestras los cuales se basan principalmente en el tamaño de la población, la variabilidad que presenta y las distorsiones que se pueden dar en el muestreo. En el presente estudio se determinará el tamaño muestral teniendo como base que la población tiene una distribución normal.



En la aplicación de guías anteriores se han evidenciado dificultades al momento de aplicar fórmulas de determinación del tamaño muestral. Por ello en la presente guía y con fines prácticos se presentan los rangos de tamaño de muestras que las municipalidades deben considerar de acuerdo a la cantidad de viviendas en cada distrito, de modo que no se generen controversias.

Cabe señalar que en el Anexo 5 se presenta la metodología realizada para determinar los rangos de tamaño de muestras.



En el caso de los residuos similares a los municipales, quedan exceptuados los residuos peligrosos.



Para el estudio de generadores domiciliarios se determinará el tamaño muestral teniendo como base que la población tiene una distribución normal.



Para poder ubicarse dentro de alguno de estos rangos, el/la responsable del equipo de campo deberá considerar la información oficial de población del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Rangos de Tamaño de Muestras			
Rango de viviendas (N)	Tamaño de Muestra (n)	Muestras de contingencia (20% de n)	Total de muestras domiciliarias
Hasta 500 viviendas	45	9	54
Más de 500 y hasta 1000 viviendas	71	14	85
Más de 1000 y hasta 5000 viviendas	94	19	113
Más de 5000 y hasta 10000 viviendas	95	19	114
Más de 10000 viviendas	96	19	115

## a.2 Organización del distrito por zonas de estudio

En algunos casos es conveniente organizar el distrito, diferenciando zonas de acuerdo a condiciones particulares. En el país, sobre todo en ciudades con una alta densidad poblacional, muchas veces existen dentro del mismo distrito diferentes niveles socio - económicos que pueden tener características variables en cuanto a parámetros como la generación o composición de residuos sólidos y que por lo tanto deben ser estudiados de manera diferenciada.

La presente guía propone niveles de zonificación del distrito, esta zonificación deben realizarse solo cuando se evidencien condiciones particulares que pudieran distorsionar la proyección de los datos y deben estar acompañadas de la información necesaria para definir adecuadamente cada zona. Es de resaltar que, elevar innecesariamente el número de zonas no aporta a mejorar la representatividad de las muestras y genera complicaciones al momento de realizar los estudios.



Tener en cuenta que elevar innecesariamente el número de zonas no aporta a mejorar la representatividad de las muestras y puede generar complicaciones.



La información necesaria para realizar una zonificación debe estar referida preferentemente a los niveles socioeconómicos predominantes en cada uno de las zonas.



La información para realizar una zonificación se puede encontrar en los Planes de Desarrollo Urbano de la municipalidad u otra fuente que maneje la municipalidad.

Niveles de Zonificación de un Distrito de Acuerdo a los Rangos de Viviendas	
Rango de viviendas (N)	Zonificación
Hasta 1,000 viviendas	No Aplica
Más de 1,000 y hasta 10,000 viviendas	Hasta 02 zonas
Más de 10,000 viviendas	Hasta 03 zonas

Para poder aplicar una zonificación se debe contar con el número total de viviendas en cada zona y distribuir la muestra de acuerdo a la representatividad de cada uno.



### ¿CÓMO HACERLO?

A continuación se presenta un ejemplo de cómo podría manejarse la zonificación:

Se tomará un distrito con 15,624 viviendas:

De acuerdo a los Rangos de tamaño de muestras a este distrito le corresponde una muestra de 119 viviendas.

Asimismo, de acuerdo a los niveles de zonificación de acuerdo a los rangos de viviendas a este distrito le corresponde un máximo de 3 zonas.

Finalmente, conforme a la información del Plan de Desarrollo Urbano Municipal la cantidad de viviendas en cada nivel socio-económico es la siguiente:



Nivel socio económico	Representatividad	Cálculo	Total de muestras por zona
A	3564 (a)	$\left(\frac{(a)}{(t)}\right) \times 100 = 23\%$	28
B	8713 (b)	$\left(\frac{(b)}{(t)}\right) \times 100 = 56\%$	67
C	3347 (c)	$\left(\frac{(c)}{(t)}\right) \times 100 = 21\%$	25
Total	15624 (t)	100%	120

Con estos porcentajes de representatividad se debe calcular el número total de muestras (de las 119 correspondientes) a tomar en cada una de estas zonas, de la siguiente manera:

Nivel socio económico	Representatividad	Cálculo	Total de muestras por zona
A	23%	$119 \times 23\% = 27$	28
B	56%	$119 \times 56\% = 66$	67
C	21%	$119 \times 21\% = 25$	25
Total	100%	100%	120

Si se obtienen cifras decimales se debe aproximar la cifra al entero inmediato superior, por ejemplo en este caso  $119 \times 56\% = 66.54 \cong 67$  viviendas. Esta operación en algunos casos puede incrementar ligeramente el total de muestras.



La distribución de las muestras se debe realizar tratando de mantener el mayor nivel posible de aleatoriedad.

### a.3 Distribución de la muestra

Una vez definidos el total de viviendas y el número de zonas con el que se va a trabajar, se deben distribuir tratando de mantener el mayor nivel posible de aleatoriedad, es decir que todas las viviendas tengan la misma probabilidad de participar en el estudio.

Para cumplir con este fin el responsable del equipo de campo deberá solicitar información catastral del distrito (mapa de límites distritales que incluya las viviendas).

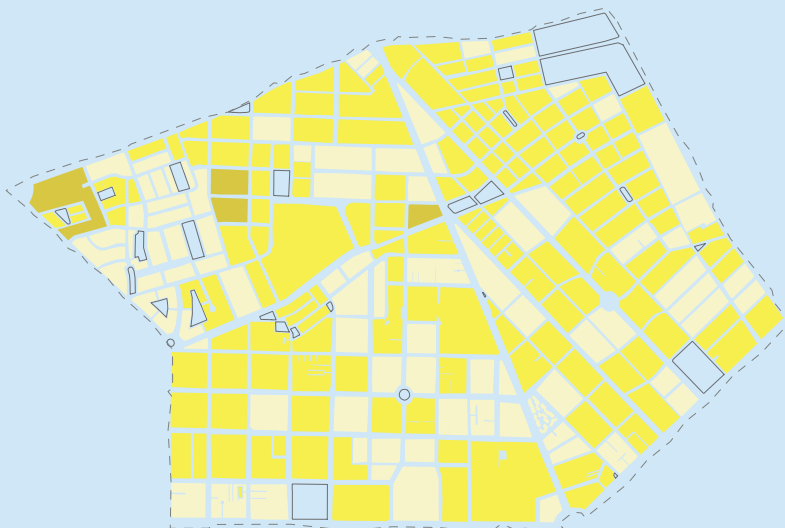
Sobre este mapa se deben delimitar y descartar zonas industriales o de alta densidad comercial, para luego asignar, de manera aleatoria, las viviendas a evaluar. En el caso de realizar un estudio con dos o más zonas, estos deberán ser delimitados en el mapa correspondiente.

De contar con información del servicio de limpieza pública, el responsable del equipo de campo podrá acotar las urbanizaciones existentes y realizar la distribución de las muestras proporcionalmente en cada uno de estos, de manera aleatoria.

## ¿CÓMO HACERLO?

A continuación, se presenta un ejemplo de distribución de la muestra domiciliaria que puede servir de referencia para otros estudios:

- Para realizar una correcta distribución de la muestra, podemos tomar como referencia un mapa catastral del distrito como el siguiente:

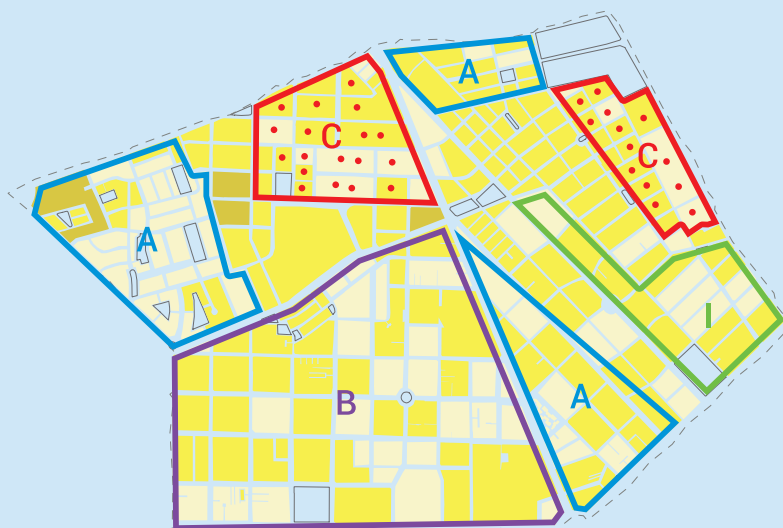


- Dentro de este mapa identificaremos primero las zonas que no serán parte del estudio domiciliario como las zonas industriales o de alta densidad comercial; luego se trazaran las distintas zonas. Cabe resaltar que, en algunos casos una zona no se define en un solo bloque si no que puede presentarse de forma intermitente (situación recurrente en distritos de gran tamaño). Con estas consideraciones el ejemplo anterior podría quedar delimitado de la siguiente manera:





- En este ejemplo se ha descartado la zona delimitada de color rojo "I", por tratarse de una zona industrial que no forma parte del estudio domiciliario; asimismo se han delimitado 3 zonas (A, B y C) de acuerdo al nivel socio – económico que impera en los mismos. Se puede observar que la zona "C" se encuentra en dos bloques separados como se describió anteriormente.
- Finalmente, se deben distribuir aleatoriamente las muestras de acuerdo a la representatividad de cada zona. Para este fin se puede definir un algoritmo sencillo, como asignar a cada calle o avenida un número y aplicar en un libro de Excel la fórmula "=ALEATORIO. ENTRE" para seleccionarla y volverla a utilizar de acuerdo al número de viviendas para hallar cada unidad muestral. La zona "C" del mapa podría quedar de la siguiente manera:



- Cada uno de los puntos rojos representa una unidad muestral (vivienda) que será parte del estudio.

## b. Identificación de generadores no domiciliarios:

En el caso de los generadores no domiciliarios el análisis para determinar el tamaño de la muestra y su distribución es más complejo. Esta situación se explica por la mayor variabilidad en los generadores tanto en las clases (bodegas, farmacias, ferreterías, mercados, etc.) como en el tamaño (una bodega

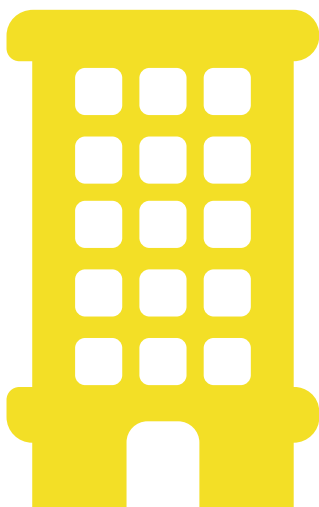
puede ser muy pequeña incluso menos de 10 m<sup>2</sup>, puede ser mediana de 30 o 50 m<sup>2</sup>, o puede ser un mini market de más de 100 m<sup>2</sup>). Esta variabilidad conlleva que el/la responsable del equipo de campo tome decisiones en función de las situaciones específicas en cada área de estudio.

La presente guía no busca mostrar las diversas situaciones que pueden presentarse en este tipo de generadores, sin embargo, ofrece lineamientos generales que orienta al responsable del equipo de campo a tomar la decisión correcta o la más apropiada.

Previo a la determinación del tamaño de muestra, se debe conocer la clasificación y total de generadores no domiciliarios. Estos generadores deben identificarse a partir de la información proporcionada por la Oficina de Comercialización y/o Catastro y/o Desarrollo Urbano o quien haga sus veces.

Cabe precisar que, cada municipalidad maneja una clasificación propia de generadores no domiciliarios, la cual para efectos de la aplicación de esta guía, deben incluirse en cualquiera de las clases mencionadas en la página 23 de la presente guía.

En caso se identifique otro generador no domiciliario, este deberá incluirse dentro de alguna de las clases definidas previamente.



Para la identificación de los generadores no domiciliarios, se recomienda que las municipalidades consideren y establezcan apropiadamente los índices de uso, conforme a lo señalado en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIUU Revisión 4 de la Dirección Nacional de Cuentas Nacionales del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)).

## ¿CÓMO HACERLO?

A continuación se brinda un ejemplo de la clasificación de generadores no domiciliarios:

Tipo de generador	Fuentes de generación de residuos sólidos	Cantidad de fuentes de generación
No Domiciliario	Establecimientos comerciales	40
	Restaurantes	20
	Hoteles	10
	Instituciones Públicas y Privadas	20
	Instituciones Educativas	40
	Barrido y limpieza de espacios públicos	20
	Mercado	5
TOTAL		155



Los estudios de generadores de establecimientos comerciales e instituciones presentan niveles mucho mayores de variabilidad que los estudios de generadores domiciliarios.

### b.1 Tamaño de muestra de establecimientos comerciales e instituciones

Existen diversos métodos estadísticos para determinar un número mínimo de muestras para este tipo de estudios, los mismos que se basan principalmente en el tamaño de la población, la variabilidad que presenta y las distorsiones que se pueden dar en el muestreo.

A diferencia del estudio de generadores domiciliarios, estos generadores presentan niveles mucho mayores de variabilidad, los cuales son particulares a cada localidad. Si el responsable del equipo de campo cuenta con valores



estudiados de desviación y generación promedio anteriores al estudio puede optar por aplicar las fórmulas desarrolladas en el Anexo 5, a cada fuente de generación no domiciliario. Esta consideración es útil solo en ámbitos donde se cuenta con un número muy elevado de comercios, asimismo, dicho anexo propone algunos valores obtenidos de estudios anteriores.

Es recomendable que en ámbitos donde la cantidad total de generadores no domiciliarios no sea mayor a 50, se desarrolle un censo (total de generadores no domiciliarios) que asegure contar con toda la información disponible y elimine las distorsiones generadas por el criterio del responsable del equipo de campo.

En la presente guía y con fines prácticos se presentan los rangos de tamaño de muestras, que las municipalidades deben considerar de acuerdo a la cantidad de generadores no domiciliarios en cada ámbito, de modo que no se generen controversias.



Si el responsable del equipo de campo cuenta con valores estudiados de desviación y generación promedio anteriores al estudio puede optar por aplicar las fórmulas desarrolladas en el Anexo 5 de la presente guía.

**Rangos de Tamaño de Muestra por Generadores no Domiciliarios**

Rango de total de fuentes de generación no domiciliarios en el distrito(N)	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
Más de 100 y hasta 250	70	14	84
Más de 250 y hasta 500	81	16	97
Más de 500 y hasta 1000	88	18	106
Más de 1000	88	22	110

En el Anexo 5 se presenta la metodología realizada para determinar el rango de tamaño de muestras, las cuales solo consideran a las fuentes de generación: “Establecimientos comerciales”, “Restaurantes”, “Hoteles” e “Instituciones Publicas y Privadas”; ya que los mercados, las instituciones educativas y el servicio de barrido y limpiezas de espacios públicos tienen dinámicas particulares que deben ser tratada de forma diferenciada.

Para poder ubicarse dentro de alguno de estos rangos, el/la responsable del equipo de campo deberá considerar la información proporcionada por la Oficina de Comercialización y/o Catastro y/o Desarrollo Urbano o quien haga sus veces.



### ¿CÓMO HACERLO?

Por ejemplo: Si como resultado del censo, se obtuvo un total de 30 generadores no domiciliarios, los datos a considerar conforme a lo señalado en la Tabla Rango de tamaño de muestra serán los siguientes:

- La muestra de contingencia será “0”, y,
- El número total de muestras no domiciliarias será “30”, que corresponde al número total de generadores.



Para la distribución de la muestra de establecimientos comerciales e instituciones son determinantes las condiciones específicas de cada ámbito, la información disponible, la experiencia y criterio del responsable del equipo de campo.

## **b.2 Distribución de la muestra de establecimientos comerciales e instituciones**

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

En este punto las condiciones específicas de cada ámbito, la información disponible, la experiencia y criterio del responsable del equipo de campo son determinantes.

Como se comentó anteriormente, la presente guía no busca mostrar las diversas situaciones que pueden presentarse para este tipo de generador no domiciliario; sin embargo, ofrece lineamientos generales que orientan al responsable del equipo de campo a tomar la decisión correcta o la más apropiada.



## ¿CÓMO HACERLO?

A continuación, utilizaremos el ejemplo identificado en el acápite a.1 para la clasificación de generadores no domiciliarios.

Fuentes de generación de residuos sólidos no domiciliario	Cantidad total de fuentes de generación no domiciliario en el distrito	Representatividad
Establecimientos comerciales	40	$(40 / 90) * 100 = 45\%$
Restaurantes	20	$(20/90)*100 = 22\%$
Hoteles	10	$(10/90)*100 = 11\%$
Instituciones Públicas y Privadas	20	$(20/90)*100 = 22\%$
<b>TOTAL</b>	<b>90</b>	<b>100%</b>

De acuerdo con el total de muestras propuestas en la tabla de Rango de tamaño de muestra por generadores no domiciliarios, correspondería un total de 60 muestras, las mismas que se deben tomar de la siguiente manera:

Fuentes de generación de residuos sólidos	Representatividad	Cálculo	Total de muestras por fuente de generación
Establecimientos comerciales	45%	$45\% * 60 = 27$	27
Restaurantes	22%	$22\% * 60 = 13$	13
Hoteles	11%	$11\% * 60 = 7$	7
Instituciones Públicas y Privadas	22%	$22\% * 60 = 13$	13
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>		<b>60</b>



Se entiende como clase a la agrupación de giros comerciales que producen una cantidad y tipo de residuos similar.

En el caso de establecimientos comerciales la subdivisión de muestras debe desarrollarse en función a las clases presentes, agrupando en clases homogéneas los negocios existentes. De acuerdo con el ejemplo existen 40 establecimientos comerciales en el distrito:

Clases de fuentes de generación de residuos sólidos "Establecimiento comercial"	N° de comercios	Clase
Bodegas	15	1
Librerías	2	2
Bazares	3	2
Cabinas de internet	2	2
Locutorios	3	2
Panaderías	3	1
Ferreterías	2	3
Farmacias y boticas	2	4
Salones de belleza	1	4
Peluquerías	2	4
Centros de entretenimiento	5	5
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>-</b>

Las 27 unidades muestrales deben ser distribuidas de acuerdo a la representatividad de cada clase de la siguiente manera:

Clases	N° de comercios	Representatividad	Total de muestras por clase
1	18	$(18/40)*100 = 45\%$	$27 \times 45\% = 12$
2	10	$(10/40)*100 = 25\%$	$27 \times 25\% = 7$
3	2	$(2/40)*100 = 5\%$	$27 \times 5\% = 2$
4	5	$(5/40)*100 = 12.5\%$	$27 \times 12.5\% = 3$
5	5	$(5/40)*100 = 12.5\%$	$27 \times 12.5\% = 3$
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100%</b>	<b>27</b>

Dentro de cada clase definida se podrá hacer una nueva subdivisión, si el número de muestras y la variabilidad en las mismas sigue siendo relevante.

Luego de obtener las muestras, se debe realizar el procedimiento descrito en el caso de estudios domiciliarios a partir de un mapa catastral, identificando los establecimientos que participan del estudio.

En el caso de hoteles, se puede definir clases de segregación de fuente de residuos sólidos (hoteles, hostales, hospedajes), el tamaño (metraje y número de pisos), la cantidad de habitaciones o la ubicación; debiendo proceder la distribución de la misma forma que en el caso de establecimientos comerciales.

En el caso de restaurantes, se puede definir clases de segregación de fuente de residuos sólidos (cebicherías, pollerías, picanterías y similares), el tamaño (metraje construido), la cantidad de mesas y sillas o la ubicación; debiendo proceder la distribución de la misma forma que en el caso de establecimientos comerciales.

Las grandes unidades (hoteles, restaurantes, tiendas, entre otros) que se pueden presentar en un ámbito determinado, deben ser analizadas de forma independiente y no formar parte de ninguna proyección ya que elevarían erróneamente la cantidad de residuos generados. Un ejemplo recurrente es la presencia de una bodega o minimarket relativamente grande en algunos distritos pequeños.



Las grandes unidades son aquellos establecimientos comerciales o instituciones que por generar una cantidad de residuos sólidos diferente al estándar, deberán ser analizados de manera diferenciada.

### b.3 Tamaño y distribución de muestra de mercados

Los grandes mercados que se puedan presentar en un ámbito determinado deben ser analizados de forma independiente y no formar parte de ninguna proyección ya que elevarían erróneamente la cantidad de residuos generados. Se puede reconocer estos grandes mercados, por ejemplo:



Cuando la recolección de los residuos que generan se realiza de manera exclusiva con uno o más vehículos.

Cuando no es posible realizar el pesaje de la totalidad de residuos por medios convencionales.



En la etapa de trabajo de campo y operaciones se explicará la metodología necesaria para la caracterización de los mismos.



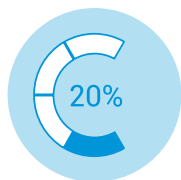


En caso la cantidad de mercados restantes sea menor o igual a cinco (5), se deberá analizar el total de mercados existentes en el distrito.

En caso la cantidad de mercados restantes sea menor o igual a cinco (5), se deberá analizar el total de mercados existentes en el distrito.

Por otro lado, si la cantidad de mercados restantes fuera mayor a cinco (5), el responsable del equipo de campo puede optar por clasificar los mismos de acuerdo al tamaño (área del mercado) o el número de puestos con el que cuentan.

La cantidad de categorías de mercados dependerá de cuantos existan y que variabilidad presenten entre ellos en el ámbito de estudio. De cada categoría determinada es recomendable muestrear como mínimo el 20% del total (como mínimo 5). En caso el resultado del 20% sea mayor a diez (10) mercados, se debe de considerar solo diez (10) mercados.



Se recomienda muestrear como mínimo 20% de acuerdo a la técnica de muestreo no probabilístico, que consiste en seleccionar una muestra por su accesibilidad y bajo costo.



### ¿CÓMO HACERLO?

A continuación se presenta un caso a manera de ejemplo para un ámbito considerablemente grande:

1. Supongamos que un determinado distrito cuenta con un total de 20 mercados, del análisis previo se han identificado dos (2) grandes unidades de considerable tamaño que no pueden ser muestreadas por métodos convencionales, las cuales deben ser analizadas independientemente.
2. De acuerdo al criterio del responsable del equipo de campo se definen 03 categorías para agrupar a los mercados restantes de la siguiente forma:

Categorías de mercado	Cantidad
Gran unidad 1	1
Gran unidad 2	1
Categoría 1	2
Categoría 2	6
Categoría 3	10
<b>Total</b>	<b>20</b>



3. Luego, se determina el número de muestra por categoría, tal como se señala a continuación:

Categoría de mercado	Cantidad	Determinación del número de muestra	Total a muestrear (n)
Gran unidad 1	1	No corresponde	1
Gran unidad 2	1	No corresponde	1
Categoría 1	2	$n = 2 \cdot 20\% = 0.5 \cong 1$	1
Categoría 2	6	$n = 6 \cdot 20\% = 1.2 \cong 2$	2
Categoría 3	10	$n = 10 \cdot 20\% = 2$	2
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>7</b>

**NOTA:** Cabe precisar que, esta condición solo se presenta en distritos con gran número de mercados y que en la mayoría de los distritos a nivel nacional solo se cuenta con uno o dos mercados que se deben incluir en el estudio.

#### b.4 Tamaño y distribución de muestra de instituciones educativas

A diferencia del dinamismo que presentan los mercados, las instituciones educativas no son, en la gran mayoría de los casos, grandes unidades que no puedan ser muestreadas por métodos convencionales; por lo que, se recomienda que el responsable del equipo de campo pueda optar por clasificar a las instituciones educativas, de acuerdo al número de alumnos y al tipo de institución educativa que se presentan.

De cada subclase (o clase si es que no se ha determinado esta división) determinada es recomendable muestrear como mínimo el 20% del total sin exceder un máximo de diez (10) instituciones educativas.

## ¿CÓMO HACERLO?

A continuación se presenta un caso, a manera de ejemplo, para un distrito con un número elevado de instituciones educativas:

- Supongamos que un determinado distrito cuenta con un total de 40 instituciones educativas, las instituciones pueden clasificarse en 2 grandes clases como colegios e instituciones educativas superiores (institutos o universidades), asimismo cada una de estas clases puede dividirse por la cantidad de alumnos (en más de 200 alumnos y menos de 200 alumnos) de acuerdo a las condiciones que se presenten en el ámbito de estudio. Es por ello que según el número de subclases el ejemplo podría definirse de la siguiente manera:

Subclases de instituciones educativas	Cantidad	Determinación del número de muestra	Total a muestrear (n)
Instituciones educativas superiores con más de 200 alumnos	4	$n = 4 \cdot 20\% = 0.8 = 1$	1
Instituciones educativas superiores con menos de 200 alumnos	6	$n = 6 \cdot 20\% = 1.2 = 2$	2
Colegios con más de 200 alumnos	5	$n = 5 \cdot 20\% = 1$	1
Colegios con menos de 200 alumnos	25	$n = 25 \cdot 20\% = 5$	5
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>-</b>	<b>9</b>

- Es de precisar que esta condición solo se presenta en distritos con un número elevado de instituciones educativas y que en la mayoría de los distritos a nivel nacional solo se cuenta con colegios y no con instituciones educativas superiores.

**NOTA:** La información de los colegios puede encontrarse en el portal ESCALE del Ministerio de Educación (<http://escale.minedu.gob.pe/>).



### b.5 Tamaño y distribución de muestra de barrido y limpieza de espacios públicos y almacenamiento

La operación de barrido y limpieza de espacios públicos debe realizarse en el total de vías existentes en un determinado distrito. Sin embargo, es común que este servicio se brinde de manera parcial, por lo que para poder determinar un tamaño de muestra correcto se debe caracterizar previamente esta operación.

En primer lugar, el desarrollador del estudio deberá identificar las vías existentes en un mapa del distrito, luego sobre estas vías se deberá identificar las rutas en las que se brinda este servicio actualmente, colocando en una hoja de Excel la siguiente información:

Identificación de rutas de barrido y limpieza de espacios públicos		
Nombre de la ruta	Distancia barrida	Tipo de ruta
Puede usarse una codificación de acuerdo al nombre de la vía y el número de ruta existente o alguna que maneje la municipalidad evaluada.	Se contabilizarán los kilómetros lineales sin duplicar los valores de ida y vuelta en una vía. Es preciso indicar que el kilómetro lineal, considera al barrido de la acera, la cuneta y el recojo de papeleras existentes.	Se pueden caracterizar las rutas de barrido de acuerdo a las características del lugar donde se desarrollan, separando comerciales de residenciales, en caso se puedan identificar otras zonas con características similares se pueden incluir en este punto.

En aquellas ciudades donde la distancia total barrida es menor o igual a 5 km se realizará el estudio sobre la totalidad de rutas existentes.

En aquellas ciudades donde la distancia total barrida es mayor a 5 km deberá seleccionar de 3 a 5 rutas como mínimo por tipo de vías (comercial, residencial, entre otros) estas rutas deberán contener, como mínimo, 5 Km de recorrido total.

Existen dos componentes a tener en cuenta en esta operación, el barrido de calles propiamente dicho y la recolección de unidades de almacenamiento como las papeleras; ambos componentes, independientemente que se den en una misma ruta, deben analizarse de manera separada.



Para poder determinar un tamaño de muestra correcto de barrido y limpieza de espacios públicos y almacenamiento se debe caracterizar previamente esta operación.



#### CONSIDERACIONES

En caso no se preste el servicio de barrido y limpieza de espacios públicos, se podrá hacer un muestreo sobre vías y espacios públicos principales, implementándose la misma metodología señalada.

### c. Identificación de generadores de residuos sólidos municipales especiales

Estos generadores producen residuos sólidos en áreas urbanas que por su volumen o características requieren de un manejo particular, tales como: residuos de laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentros, centros veterinarios, centros comerciales, eventos masivos como conciertos, concentraciones y movilización temporal humana, ferias, residuos de demolición o remodelación de edificaciones de obras menores no comprendidos dentro de las competencias del Sector Vivienda y Construcción, entre otros, salvo los que están dentro del ámbito de competencias sectoriales.

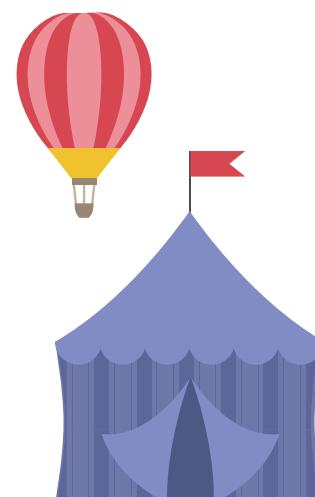


La presente guía solo se centrará en cuantificar los residuos producidos de manera constante (laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentros, centros veterinarios, centros comerciales y ferias); los eventos masivos y los residuos de demolición o remodelación de edificaciones de obras menores no comprendidos dentro de las competencias del Sector Vivienda y Construcción entre otros, salvo los que están dentro del ámbito de competencias sectoriales, no forman parte de esta guía, ya que cuentan con dinámicas particulares.



Los eventos masivos y los residuos de demolición o remodelación de edificaciones de obras menores no comprendidas dentro del sector vivienda cuentan con dinámicas particulares.

En el caso de laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricentros, centros veterinarios, se deben identificar la cantidad de generadores y tomar, como mínimo, un 20% de los generadores existentes en cada fuente de generación, en caso existan diferencias significativas entre las fuentes de generación, se podrán definir subclases de acuerdo al tamaño de las clases, de manera similar al caso de comercios.



Los centros comerciales y las ferias poseen un comportamiento similar al de los mercados, por lo que se propone que sean caracterizados de la misma forma.

## 8.2 ETAPA DE TRABAJO DE CAMPO Y OPERACIONES



En la etapa de trabajo de campo se debe llevar a cabo el registro de los participantes del estudio, la distribución de materiales, la recolección de muestras, el traslado de los residuos sólidos hacia el lugar en el que se hará la clasificación, así como la toma de muestras para el análisis de humedad. Estas operaciones se llevarán a cabo en función a la distribución de muestra desarrollada en la etapa de planificación.



Se debe instruir al personal de campo para que la selección de viviendas se realice al azar.

Dado que la selección de las zonas que se van a muestrear se realizan en gabinete, es posible que la vivienda seleccionada no cumpla con las características del tipo de muestra que se necesita, ya sea que no exista, haya cambiado su condición física o haya cambiado el uso. Por ello, se debe instruir al personal de campo para que en estos casos se deba seleccionar a la vivienda contigua o el negocio más relacionado, de modo que se mantenga la elección al azar lo más posible.



### a. Procedimiento para la participación de los predios en el estudio





Se recomienda que las muestras determinadas por cada tipo de generadores sean identificados con números ordenados y correlativos.



El registro de los participantes consiste en llenar un padrón, en el cual se consignarán los datos de los generadores.

### 1. Invitación para la participación en el estudio:

La invitación consiste en informar al futuro participante sobre la realización del estudio, para lo cual es beneficioso contratar personal que cumpla la función de promotor/a ambiental y que se valga de materiales didácticos y comunicaciones formales (carta u oficio). Los cargos de las comunicaciones formales deberán ser firmados por el participante y archivados por el/la promotor (a) junto con el padrón de registro.

### 2. Asignación de muestras:

Se asignará a cada promotor/a un número de muestras determinadas, en función al total de muestras a realizar por cada tipo de generador.

A efectos de un orden y mayor control, se recomienda que las muestras sean identificadas con número ordinales y de manera correlativa. Ejemplo: 01, 02, 03, etc.

### 3. Registro de los participantes del estudio:

El registro de los participantes consiste en llenar un padrón con los datos de los generadores domiciliarios, no domiciliarios y especiales que participarán en el estudio. Este padrón deberá contener como mínimo la siguiente información:



- Para generadores domiciliarios se deberá contar con el nombre de la persona que participará activamente del estudio, su número de DNI, la dirección, el número de habitantes de la vivienda, y su firma.
- Para generadores no domiciliarios y especiales se debe contar con el nombre de la persona responsable del local, su número de DNI, la dirección, el tipo de comercio o institución, el metraje aproximado del local, y su firma.

Se adjunta en el Anexo 6 el modelo de registro que se puede aplicar a generadores domiciliarios.

#### 4. Codificación de los predios participantes del estudio:

Luego de consignar la información en el padrón correspondiente, el generador recibirá un código único que se colocará por medio de un sticker en un lugar visible del domicilio o local para poder identificarlo.



LOGO DE LA MUNICIPALIDAD

#### ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

Establecimiento participante

CÓDIGO:



#### ¿CÓMO HACERLO?

La codificación se realiza por tipo de generador domiciliario, generador no domiciliario y los generadores de residuos especiales municipales.

##### 1. Generador domiciliario:

El código se coloca concatenando el tipo de generador domiciliario (I), la zona a la que corresponde y el número de vivienda muestreada; de la siguiente forma:

I-A-05

Siendo:

- I : generador domiciliario.
- A: zona a la que corresponde.
- 05: número de vivienda muestreada.



## 2. Generador no domiciliario y los generadores de residuos municipales especiales:

El código se coloca concatenando el tipo de generador (no domiciliario (II) y especiales (III)), clase a la que corresponde y número de subclase y el número de muestra correlativa dentro de la clase a la que corresponde; de la siguiente forma:

Tipo de generador	Fuentes de generación de residuos sólidos	Código
No Domiciliario (II)	Establecimientos comerciales	EC
	Restaurantes	R
	Hoteles	H
	Instituciones Públicas y Privadas	IPP
	Instituciones Educativas	IE
	Barrido y limpieza de espacios públicos.	B
	Mercado	M

Fuentes de generación de residuos sólidos de establecimientos comerciales	Clase
Bodegas y Panaderías	1
Librerías, Bazares, Cabinas de Internet, Locutorios	2
Ferreterías	3
Farmacias y boticas, Salones de Belleza, Peluquerías	4
Centros de entretenimiento	5

El código será de la siguiente manera:

II-EC4-05

Siendo:

- II: generador no domiciliario.
- EC4: establecimiento comercial que corresponde a la categoría 4 (Farmacias y boticas, Salones de Belleza, Peluquerías).
- 05: número de generador no domiciliario.

**NOTA:** La codificación debe incluirse en el padrón y en las bolsas que se entrega al participante, la misma que debe ser llamativa, puesto que constituye una herramienta para identificar y resaltar la participación del generador.

## b. Procedimiento para el manejo de las muestras



### 1. Recolección

El operario/a debidamente identificado recolecta las muestras de los generadores y entregará una nueva bolsa codificada. Cabe señalar que es importante que el operario/a respete los horarios establecidos con los generadores domiciliarios, no domiciliarios y especiales. Asimismo, el último día de recolección debe indicar a los participantes que la fase de campo se ha concluido.



#### CONSIDERACIONES

**El responsable del estudio** debe asegurar que la recolección de los muestras se realice los ocho días, que incluya los días sábado y domingo, a fin de garantizar la representatividad del estudio.

**El responsable del estudio** debe comunicar a los generadores que la entrega de las bolsas de las muestras se realizará en el día y hora indicada e informada.

**El responsable del estudio** debe comunicar a los generadores, que participan del estudio, que no se permite la entrega de las bolsas correspondientes a muestras acumuladas de más de dos días. En caso, de bolsas acumuladas hasta dos días, el generador previamente informa e identifica adecuadamente las bolsas correspondientes de las muestras de cada día acumulado.

**Todo ello es importante** ya que la metodología para la determinación de la generación per cápita considera el promedio del peso de las muestras de residuos sólidos en base a los días de generación.

**El equipo de campo** que recolecte las muestras, debe tener un mapa de ubicación de los predios participantes, en caso el stiker correspondiente se despreque, deberá reempadronar al predio con uno nuevo.

## 2. Traslado

Las muestras recolectadas serán colocadas inmediatamente en la unidad vehicular encargada de realizar el traslado. Este vehículo debe estar detenido por seguridad.

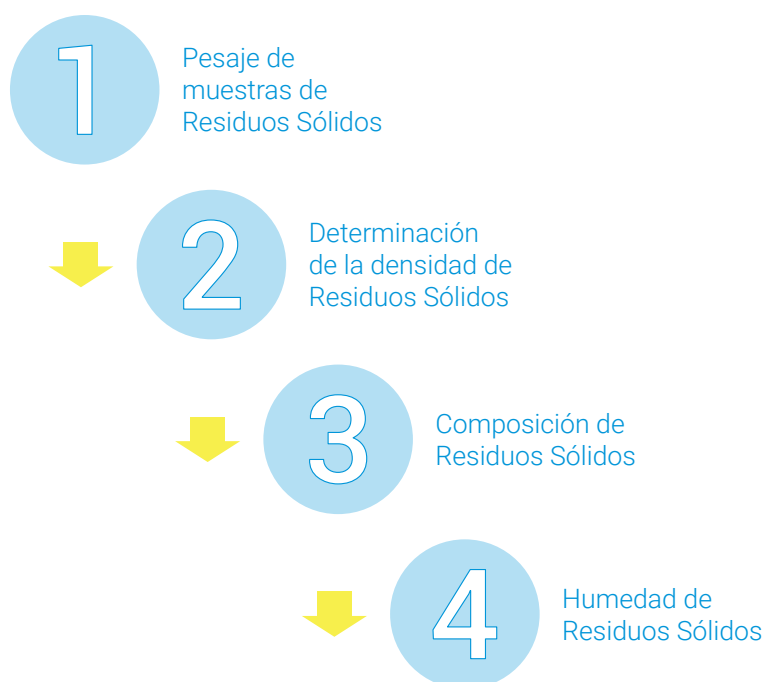
Este procedimiento se realizará en cada punto de recolección hasta completar la capacidad de la unidad vehicular, evitando tirar las bolsas y acomodándolas para que no se caigan en el trayecto. Se sugiere asegurar la carga con una malla o amarrar las bolsas entre ellas para evitar que se caigan.

En caso no se disponga de una unidad vehicular que pueda realizar el traslado del total de muestras, se debe identificar puntos de acopio para agrupar las muestras de una determinada zona, las cuales estarán al cuidado del operario/a hasta la llegada de la unidad vehicular.

## 3. Descarga

Las muestras deben ser descargadas (sin tirar las bolsas) en el lugar que indique el responsable del estudio asegurando que no queden residuos en la unidad vehicular.

### c. Procedimiento para el análisis de las muestras



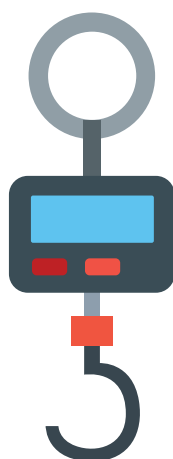
La toma de datos de las muestras; como peso, densidad, composición, entre otros, debe realizarse de forma ordenada y bajo un sistema que se asegure su confiabilidad.

Los formatos para la toma de datos propuestos en esta guía deberán adaptarse a las condiciones particulares que se presenten en cada caracterización.

### 1. Pesaje:

El pesaje debe realizarse por tipos de generadores y fuentes de generación, teniendo en cuenta los códigos de las bolsas.

Se recomienda que para registrar los valores obtenidos del pesaje de las bolsas, en el formato previamente definido, los/as operarios/as mencionen en voz alta los códigos de las bolsas antes de colocarlos en la balanza.



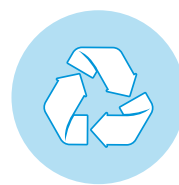
Al concluir esta actividad se debe corroborar el número total de bolsas y registros obtenidos.

### **Pesaje de residuos sólidos provenientes de grandes mercados**

Los grandes mercados que se puedan presentar en un ámbito determinado deben ser analizados de forma independiente y no formar parte de ninguna proyección ya que elevan erróneamente la cantidad de residuos generados.

Para poder establecer un valor en estos mercados, hay que identificar si cuentan con un estudio independiente que pueda servir de referencia, asimismo puede ayudar el tipo de administración ya que si ésta es tercerizada se puede solicitar cifras a la empresa operadora a cargo de la administración de sus residuos.

En algunos casos, la administración municipal directa cuenta con unidades específicas para este tipo de generadores, en esta situación se podrán usar los datos históricos de ésta actividad. Si no se contará con estos datos o no se pudiera separar efectivamente al generador, es conveniente coordinar con el servicio de recolección de residuos sólidos para llevar a cabo el pesaje de estos en



La toma de datos de las muestras; como peso, densidad, composición, entre otros, debe realizarse de forma ordenada y bajo un sistema que se asegure su confiabilidad.



Los grandes mercados que se puedan presentar en un ámbito determinado deben ser analizados de forma independiente y no formar parte de ninguna proyección ya que elevan erróneamente la cantidad de residuos generados.

una balanza industrial, y si es posible en el mismo sitio de disposición final.

Finalmente, si no se tuviera acceso a este tipo de balanza, se puede optar por determinar la capacidad volumétrica utilizada por los camiones que realizan el servicio de manera específica a estos generadores y un análisis muestral para determinar la densidad de residuos que recogen y poder extrapolar los datos al total de residuos.

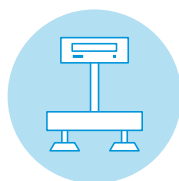


### ¿CÓMO HACERLO?

En este caso se propone el siguiente ejemplo: Supongamos que en un mercado se utilizan 2 camiones de 15 m<sup>3</sup> que recogen los residuos en dos turnos:

- El total de residuos generados en un día 2 turnos X 2 camiones X 15 m<sup>3</sup> = 60m<sup>3</sup>, de acuerdo al análisis de densidad se calculó un valor de 250 Kg/m<sup>3</sup> con lo que se tendría 250 Kg/m<sup>3</sup> X 60 m<sup>3</sup> = 15 toneladas.

Cabe mencionar que para este tipo de generadores se puede realizar estudios específicos aplicando la fórmula del Anexo 5 y distribuyendo las muestras de acuerdo a cada tipo de puesto (por ejemplo carnicerías, comedores, bazares, entre otros). En caso los residuos sólidos de otro generador diferente a los mercados no puedan ser pesados por medios convencionales, se debe aplicar esta metodología de manera análoga.



Para cumplir con el pesaje en el lugar de generación se debe coordinar la disponibilidad de movilidad y el acceso al área de almacenamiento de los residuos sólidos en horarios específicos, de modo que no se generen dificultades en el desarrollo del trabajo.

### Pesaje en el lugar de generación

Existen algunos generadores que si bien no son tan representativos como los descritos en el ítem anterior tienen una generación importante de residuos que resulta difícil de transportar hacia el espacio físico determinado para el manejo de las muestras.

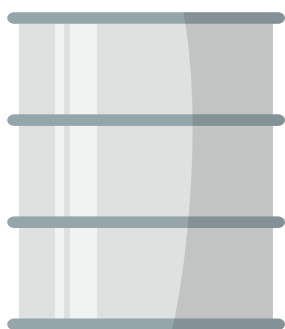
En estos casos se podrá hacer uso de una balanza de plataforma que se traslade hasta el lugar de generación para que los datos puedan ser tomados en el mismo punto. Los cálculos de densidad y composición deberán realizarse también en el lugar de generación.

Para cumplir con este fin se debe coordinar la disponibilidad de movilidad y el acceso al área de almacenamiento de los

residuos sólidos en horarios específicos, de modo que no se generen dificultades en el desarrollo del trabajo.

Asimismo, es importante preguntar a los encargados, los horarios y días de recolección de residuos sólidos por parte de la municipalidad, de modo que no se pierdan muestras debido a que el servicio de recolección ya las haya recogido.

## 2. Densidad de residuos sólidos



La medición de la densidad debe realizarse por tipo de generadores y fuentes de generación, para lo cual se recomienda el siguiente procedimiento:

**Paso 1:** Verificar la cantidad de bolsas y los pesos anotados.

**Paso 2:** Contar con un cilindro de aproximadamente 200 litros con lados homogéneos, tomar las medidas de diámetro y altura.

**Paso 3:** Colocar el contenido de las bolsas en un cilindro, dejando libre aproximadamente 10 cm de altura, de tal forma que facilite la manipulación del cilindro.

**Paso 4:** Levantar el cilindro hasta aproximadamente 10 cm a 15 cm de altura y dejar caer. Repetir esta acción tres veces.

**Paso 5:** Medir la altura libre del cilindro.

**Paso 6:** Tomar nota de los datos de altura y los pesos de las bolsas en la hoja de registro.

**Paso 7:** Repetir el procedimiento con las bolsas seleccionadas restantes.



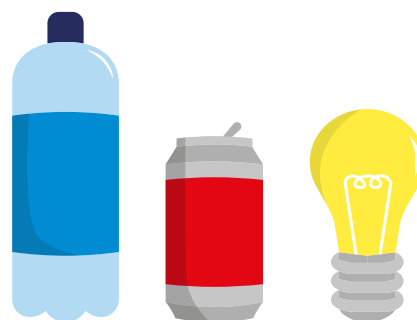
La densidad se refiere a la densidad sin compactar.



El procedimiento para el muestreo de residuos sólidos para la composición física debe llevarse a cabo en el lugar en el que se realiza el pesaje.

### 3. Composición de residuos sólidos

El muestreo de residuos sólidos para la composición física se debe llevar a cabo en el lugar en el que se realiza el pesaje, para esto es importante seguir el siguiente procedimiento:



**Paso 1:** Asegurar la disponibilidad y uso de equipos de protección personal.

**Paso 2:** Verificar que las bolsas o residuos provenientes del análisis de densidad, se encuentren codificadas y separadas de acuerdo al tipo de generador y fuentes de generación de donde provienen.

**Paso 3:** Se rompen las bolsas y se vierten los residuos formando un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, se trozan los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable.

**Paso 4:** Si se tiene un volumen de residuos muy grande, se divide en cuatro partes (método de cuarteo) y se escogen las dos partes opuestas 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 50 kg.

**Paso 5:** Segregar cada tipo de residuos sólidos de acuerdo a lo señalado en la ficha de registros de pesos, distribuyéndolos en las bolsas usadas para la recolección de los residuos sólidos.

**Paso 6:** Pesar cada una de las bolsas que contienen los residuos segregados y registrar los datos en la Ficha de registros de pesos.

## Ficha de registro de pesos de muestreo para el análisis de composición de residuos sólidos

NOMBRE COMPLETO DEL RESPONSABLE	
ZONA	

Tipo de residuo sólido	Día 0 ( )	Día 1 ( )	Día 2 ( )	Día 3 ( )	Día 4 ( )	Día 5 ( )	Día 6 ( )	Día 7 ( )
1. Residuos aprovechables								
1.1 Residuos Orgánicos								
Residuos de alimentos (restos de comida, cáscaras, restos de frutas, verduras, hortalizas y otros similares)								
Residuos de maleza y poda (restos de flores, hojas, tallos, grass, otros similares)								
1.2 Residuos Inorgánicos								
1.2.1 Papel								
Blanco								
Periódico								
Mixto (páginas de cuadernos, revistas, otros similares)								
1.2.2 Cartón								
Blanco (liso y cartulina)								
Marrón (corrugado)								
Mixto (tapas de cuaderno, revistas, otros similares)								



Tipo de residuo sólido	Día 0 ( )	Día 1 ( )	Día 2 ( )	Día 3 ( )	Día 4 ( )	Día 5 ( )	Día 6 ( )	Día 7 ( )
1.2.3 Vidrio								
Transparente								
Otros colores (marrón – ámbar, verde, azul, entre otros)								
Otros (vidrio de ventana)								
1.2.4 Plástico								
PET-Tereftalato de polietileno (aceite y botellas de bebidas y agua, entre otros similares)								
PEAD-Polietileno de alta densidad (botellas de lácteos, shampoo, detergente líquido, suavizante)								
PEBD-Polietileno de baja densidad (empaques de alimentos, empaques de plástico de papel higiénico, empaques de detergente, empaque film)								
PP-polipropileno (baldes, tinas, rafia, estuches negros de CD, tapas de bebidas, tapers, bolsas de cereales)								
PS-Poliestireno (tapas cristalinas de cds, micas, vasos de yogurt, cubetas de helado, envases de lavavajilla)								
PVC-Policloruro de vinilo (tuberías de agua, desagüe y eléctricas)								



Tipo de residuo sólido	Día 0 ( )	Día 1 ( )	Día 2 ( )	Día 3 ( )	Día 4 ( )	Día 5 ( )	Día 6 ( )	Día 7 ( )
1.2.5 Tetra brik 2.2.5 (envases multicapa)								
1.2.6 Metales								
Latas-hojalata (latas de leche, atún, entre otros)								
Acero								
Fierro								
Aluminio								
Otros Metales								
1.2.7 Textiles (telas)								
1.2.8 Caucho, cuero, jebe								
2.2. Residuos no aprovechables								
Bolsas plásticas de un solo uso								
Residuos sanitarios (papel higiénico, pañales, toallas sanitarias, excretas de mascotas.)								
Pilas								
Tecnopor (poliestireno expandido)								
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, entre otros)								
Restos de medicamentos								
Envolturas de snacks, galletas, caramelos, entre otros								
Otros residuos no categorizados								



El cálculo de la humedad es importante para estimar la potencialidad de los residuos sólidos para la generación de lixiviados, y la consecuente facilitación de la degradación de los mismos (digestión aerobia y anaerobia).



En relación al laboratorio referencial, la municipalidad podrá efectuar el análisis del parámetro de humedad en laboratorios privados, de centros de investigación o universidades.

#### 4. Humedad de residuos sólidos



La humedad de los residuos sólidos está referida a la cantidad total de agua que estos contienen. El cálculo de este parámetro es importante para estimar la potencialidad de los residuos sólidos para la generación de lixiviados, y la consecuente facilitación de la degradación de los mismos (digestión aerobia y anaerobia).

El análisis de dicho parámetro deberá de ser realizado por un laboratorio referencial, teniendo en cuenta una serie de consideraciones previas al ingreso de la muestra, para lo cual, se debe seguir un protocolo para el manejo de las muestras en mención. Asimismo, en el Anexo 8, se presenta un modelo de cadena de custodia para el traslado de la muestra hasta el laboratorio.



Para el cálculo de este parámetro, se recomienda tomar una (01) muestra como mínimo, durante el cuarto día del estudio, para los tipos de generador domiciliario y no domiciliario. En caso del generador domiciliario se considerará a las viviendas y en caso del generador no domiciliario se considerará a la fuente de generación: mercados.

Es preciso señalar, que de acuerdo a la disponibilidad de recursos económicos de cada gobierno local, se podrán considerar más de dos (02) muestras por tipo de generador u otras fuentes de generación.



(\*)El peso mínimo requerido, dependerá de la metodología establecida por el laboratorio donde se realice el análisis de humedad de los residuos sólidos.



Una mala gestión de los residuos en el lugar de operación puede generar la aparición de vectores, descontento del personal operario, los responsables de dicho espacio, la población y las autoridades.

## 5. Limpieza del área y disposición final de residuos sólidos caracterizados

Finalizada la toma de datos y análisis físico de los residuos sólidos caracterizados, acto seguido se debe realizar diariamente la limpieza del área utilizada, la recolección y disposición de los residuos caracterizados en la infraestructura de disposición final. Esto es importante ya que

una mala gestión de los residuos en el lugar de operación puede generar la aparición de vectores, descontento del personal operario, los responsables de dicho espacio, la población y las autoridades, lo cual devendrá en una mala percepción de la entidad edil por la realización del estudio de caracterización.



Los formatos utilizados en la etapa de campo, los cuales deben ser legibles, trazables y ordenados.

## 8.3 ETAPA DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN



En esta etapa corresponde analizar los datos que se hayan obtenido en campo. Esta es una fase de gabinete en la que se debe determinar y estimar cada uno de los parámetros que se han tomado; respetando los formatos utilizados en la etapa de campo, los cuales deben ser legibles, trazables y ordenados.

### a. Estimación de generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios

Con los datos obtenidos en el pesaje de residuos sólidos, se debe realizar los cálculos correspondientes para obtener la generación per cápita y total de residuos sólidos domiciliarios por cada zona de manera independiente, en caso corresponda.



## ¿CÓMO HACERLO?

En la presente guía se incluyen una serie de formatos que pueden ser utilizados por el responsable del equipo de campo, en la construcción de estos formatos se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Paso 1:** Colocar en una hoja de cálculo de Excel, una matriz que incluya los datos de N° de vivienda, código, N° de habitantes, generación de cada día en Kg y dejar una columna para el cálculo de la GPC.
- **Paso 2:** Verificar que en la matriz de datos no se encuentren ceros como dato, esto hará que baje el promedio injustificadamente. Si no se recogieron muestras, simplemente se debe dejar en blanco la celda correspondiente a ese día.
- **Paso 3:** La columna del "Día 0" no debe ser considerada en el ejercicio de cálculo de obtención del GPC. Por ello, todos los cálculos del GPC deberán realizarse desde el Día 1.
- **Paso 4:** Promediar los valores en la hoja de cálculo usando la fórmula "=PROMEDIO" dividiéndolo por el número de habitantes.
- **Paso 5:** No utilizar la fórmula "=SUMA (...)/7", ya que es posible que hayan celdas que no tengan datos y en este caso, se seguirá dividiendo por 7, generando un error en el cálculo.
- **Paso 6:** El promedio final o GPC domiciliaria, se obtendrá de promediar todas las GPC de cada vivienda.



## CONSIDERACIONES

Es importante precisar que para determinar la GPC, sólo se debe promediar la cantidad de pesos de residuos generados en los 07 días y dividirlo por la cantidad de habitantes que se encuentran en cada muestra.

N° de vivienda	Código de vivienda	N° de habitantes	Generación de residuos sólidos Domiciliarios (kg.)					GPC (kg/hab/día)
			Domingo día 0	Lunes día 1	...	Sábado día 6	Domingo día 7	
1	I-A-M-01	4	2.55	2.35	...	2.18	2.34	= (PROMEDIO (DIA1:DIA7))/N° de Habitantes
2	I-A-M-02	2	1.48	1.45	...	1.4	1.38	0.714
3	I-A-M-03	3	2.11	2.08	...	2.03	2.2	0.702
4	I-A-M-04	5	3.18	3.22	...	3.14	3.08	0.631
5	I-A-M-05	4	2.65	2.76	...	2.55	2.82	0.674
...	I-A-M-...	3	2.18	2.11	...	2.04	2.22	0.713
n	I-A-M-n	5	3.24	3.29	...	3.38	3.22	0.657
Promedio				=PROMEDIO(GPC01:GPCn)				0.668



Existen algunos generadores que pueden estar muy por encima o muy por debajo de estas situaciones normales (“valores atípicos”) y deben ser separados del estudio ya que elevarían o disminuirían erróneamente el promedio alcanzado, generando una información inconsistente.

## b. Validación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios

Este tipo de caracterización busca representar las condiciones normales de generación de residuos sólidos con base en que la población estudiada muestra, en la gran mayoría de los casos, un comportamiento similar. Sin embargo, existen algunos generadores que pueden estar muy por encima o muy por debajo de estas situaciones normales (“valores atípicos”) y deben ser separados del estudio ya que elevarían o disminuirían erróneamente el promedio alcanzado, generando una información inconsistente.

Para identificar a estos “valores atípicos” existen diferentes arreglos estadísticos que pueden ser utilizados.



### ¿CÓMO HACERLO?

La presente guía propone una metodología basada en la variabilidad entre las diferentes ocurrencias de GPC en las viviendas estudiadas, para lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento:

- **Paso 1:** El Día 0 no se debe considerar en el análisis de la validación de los datos ni en la obtención de la GPC.
- **Paso 2:** Las viviendas que hayan entregado las bolsas codificadas en un número menor a 4 días (sin contar el Día 0) deben ser descartadas ya que no son representativas para el estudio.
- **Paso 3:** En el caso que la vivienda haya dejado de entregar muestras por dos días consecutivos, se deberá preguntar al participante si los residuos corresponden solo a ese día en específico, de no ser así o no contarse con la información se debe optar por descartar esa vivienda del estudio.
- **Paso 4:** Para identificar a estos “valores atípicos” en cada zona o zona única, se puede utilizar la siguiente relación:

$$Z_c = \left| \frac{X - x}{s} \right|$$

**Dónde:**

**X:** GPC promedio

**x:** GPC de cada vivienda

**s:** Desviación estándar



- Esta fórmula toma valores absolutos por lo que se recomienda utilizar la fórmula  $=ABS((\$X-x)/\$s)$ , es importante respetar la posición de los paréntesis y “fijar las celdas de GPC promedio “X” y desviación estándar “s”, esto se consigue presionando la tecla F4 al momento de seleccionar la celda con lo que aparecerá el signo \$.
- **Paso 5:** La validación consiste en verificar cuáles de las muestras arrojan un valor de  $Z_c$  mayor que 1,96, pues estas serán las que estén fuera del rango de confiabilidad y deben ser eliminadas de la matriz:

Eliminar los valores  
con  $Z_c \geq 1.96$

- **Paso 6:** Si el número de muestras descartadas es mayor al 20% del tamaño de muestras ( $n$ ) determinadas según lo establecido en el ítem identificación de muestras por fuente de generación, se debe de efectuar nuevamente el EC-RSM, por no ser representativo de la población analizada.
- **Paso 7:** En el caso de contar con estudios que hayan utilizado zonas, esta validación debe darse sobre el total de muestras, calculando los parámetros de GPC y desviación estándar correspondientes. La desviación estándar no deberá ser superior al 50% de la GPC calculada:

GPC total del estrato (50%) > (s):  
El estudio es válido.

- **Paso 8:** Una vez que se han obtenido los promedios de generación per cápita de residuos sólidos para cada zona o la zona única, según corresponda; se debe calcular el promedio ponderado de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios, para esto, se utilizará la siguiente relación:

$$GPC_{pond} = \%_A \times GPC_A + \%_B \times GPC_B + \%_C \times GPC_C$$



Se propone el siguiente ejemplo:

Nivel socio – económico	Representatividad poblacional	GPC total de la zona validada	$\%_i \times \text{GPC}_i$
A	23%	0.78	0.1794
B	56%	0.66	0.3696
C	21%	0.56	0.1176
Total	100%	GPC domiciliaria	0.6666 = 0.67

**NOTA:** En el Anexo 11 se presenta un ejemplo de validación de la generación per cápita (GPC) para generadores domiciliarios.

### c. Estimación de generación de residuos sólidos no domiciliarios



La estimación de la generación de residuos sólidos no domiciliaria es la suma de los promedios obtenidos en cada una de las diferentes fuentes de generación.

La estimación de la generación de residuos sólidos no domiciliaria es la suma de los promedios obtenidos en cada una de las diferentes fuentes de generación definidas anteriormente en el cálculo de la muestra multiplicados por el total de generadores de cada una ellas.

En algunos casos debe considerarse el número de días a la semana en los que el generador desarrolla sus actividades, por ejemplo, en el caso de colegios se pueden contabilizar solo cinco (5) días o en caso de centros de esparcimiento como discotecas solo tres (3), esta información debe validarse con los participantes del estudio e incluirse en el padrón de inscripción como se mencionó en el acápite correspondiente. Esta condición no excluye la toma de datos en el “Día 0”, en este caso hay que realizar una primera muestra que será descartada y obtener muestras de todos los días subsiguientes que labora el generador para realizar los promedios hasta finalizar el estudio.



## ¿CÓMO HACERLO?

En la presente guía, se incluye una serie de formatos que pueden ser utilizados por el responsable del equipo de campo. En la construcción de estos formatos se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

En el caso de establecimientos comerciales, hoteles, restaurantes, instituciones públicas y privadas y mercados se elaboró archivos independientes en Microsoft Excel y se generó un número de “hojas” igual al total de subclases pertenecientes a cada fuente de generación, si no se ha llegado a definir subclases, se deben generar “hojas” de Excel a nivel de clases. Para elaborar estas hojas se ha seguido el siguiente procedimiento:

- **Paso 1:** Se generaron 7 “Archivos o libros” de Excel que corresponden a establecimientos comerciales, hoteles, restaurantes, mercados, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas y barrido de calles, los cuales se encuentran en el Anexo 10 (archivos en Excel).
- **Paso 2:** Dentro de cada archivo o libro se elaboró un formato que incluyó los siguientes encabezados: N°, Código, Días que labora en la semana, generaciones del día 0 al día 7, Verificación, Promedio (kg/día), Promedio corregido (kg/día), Total de generadores y Generación total (kg/día).
- **Paso 3:** El formato elaborado corresponde a una subclase (o clase en caso no se haya dividido en subclases) identificada dentro de una fuente de generación. Por ejemplo se ha determinado que se deben muestrear 60 establecimientos comerciales de los cuales 20 corresponden a bodegas (clase 1), de las cuales 5 corresponden a la subclase bodegas de más de 100 m<sup>2</sup> y 15 corresponden a la subclase menos de 100 m<sup>2</sup>; en este caso se deben generar dos “Hojas” que contarán con 5 filas en el primer caso y 15 en el segundo, si no se dividiera en subclases simplemente se generaría una “Hoja” para bodegas que incluya 20 filas. La división de una clase determinada solo debe realizarse cuando el responsable del equipo de campo encuentre diferencias significativas dentro de la misma.
- **Paso 4:** El campo de N° corresponde al número correlativo de un individuo de la subclase identificada dentro de la fuente de generación (o clase en caso no se haya separado en subclases), el código corresponde a la codificación designada en campo para la toma de muestras, los días que labora se obtienen de los formatos realizados en el empadronamiento del local, la verificación consiste en un arreglo que permite calcular solo la generación de aquellos generadores que hayan entregado como mínimo muestras correspondientes a más del 50% de los días que laboran.



- **Paso 5:** La columna "Promedio", utiliza la formula "PROMEDIO (DIA1:DIA7)", solo de aquellos generadores que hayan entregado como mínimo el 50% de las muestras con respecto a los días que laboran.
- **Paso 6:** Se debe verificar que en la matriz de datos no se encuentren ceros como dato, esto hará que baje el promedio injustificadamente, si no se recogieron muestras, simplemente se debe dejar en blanco la celda correspondiente a ese día, en los formatos entregados la opción para poner ceros se encuentra restringida.
- **Paso 7:** La columna del "Día 0" no es considerada en el ejercicio de cálculo de obtención del GPC.
- **Paso 8:** El promedio hallado debe ser corregido multiplicando la generación promedio por la cantidad de días que labora un generador obteniendo la generación total semanal que luego deberá ser dividida por 7 para obtener la generación diaria estimada. Finalmente se debe calcular el promedio general de todos los promedios corregidos existentes.
- **Paso 9:** Se debe consignar el total de generadores existentes en cada subclase (o clase en caso no se haya separado en subclases), no debe confundirse el total de generadores a muestrear con el total de generadores existentes en el distrito.  
  
**Paso 10:** La generación total de una subclase identificada dentro de la fuente de generación (o clase en caso no se haya separado en subclases) corresponderá al producto del promedio general hallado y la cantidad de generadores totales con la que cuenta la subclase.
- **Paso 11:** Se deben generar "Hojas" similares de acuerdo al total de subclases existentes en cada fuente de generación, copiando el modelo inicial (Hoja llamada "Clase 1" que se ubica en el Anexo 10)
- **Paso 12:** Posteriormente se debe elaborar un formato que agrupe todas las generaciones totales de cada subclase (o clases en caso no se haya separado en subclases) y calcule la generación diaria total de cada fuente de generación.
- **Paso 13:** Para el caso de instituciones educativas se toma en cuenta la cantidad de alumnos, profesores y personal administrativo como un factor, este será empleado dividiendo el promedio obtenido en cada unidad muestral.
- **Paso 14:** Para el caso de almacenamiento y barrido se deben generar "Hojas" por cada clase identificada (comercial, residencial u otras) separando las actividades de almacenamiento y barrido de manera independiente.



- **Paso 15:** Finalmente, se debe generar un formato que agrupe las generaciones de todas las fuentes no domiciliarias para obtener la generación total de este tipo de generador.

**NOTA:** En el caso de residuos sólidos del ámbito no domiciliario no se considerarán procesos de validación estadística, ya que este tipo de generadores tiene un nivel de variabilidad que no permite desarrollar estos procedimientos.

#### d. Estimación de generación de residuos sólidos especiales

El procedimiento a realizar se debe desarrollar de acuerdo al procedimiento descrito en el cálculo de la generación de residuos sólidos no domiciliarios.

#### e. Estimación de la generación total de residuos sólidos municipales

Para el cálculo de la generación total de residuos sólidos municipales se considera la generación total de residuos sólidos domiciliarios, no domiciliarios y especiales. Para realizar los cálculos se debe construir un archivo en Microsoft Excel, donde se consignen los datos hallados en las tablas finales de cada tipo de generador.

#### f. Estimación de la densidad de residuos sólidos

Para calcular la densidad (peso volumétrico diario) de los residuos sólidos, se obtendrá dividiendo el peso de los residuos sólidos entre el volumen que ocupen los mismos por cada día; para lo cual se aplicará la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad}(S) = \frac{W}{V_r} = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (H_f - H_o)}$$

##### Donde:

**S:** Densidad de los residuos sólidos (kg/m<sup>3</sup>)

**W:** Peso de los residuos sólidos

**V<sub>r</sub>:** Volumen del residuo sólido

**D:** Diámetro del cilindro

**H<sub>f</sub>:** Altura total del cilindro

**H<sub>o</sub>:** Altura libre del cilindro

**π:** Constante (3.1416)

## ¿CÓMO HACERLO?

A continuación se coloca un ejemplo de la estimación de la densidad:

- **Paso1:** Calcula el volumen para el Día N° 1, con los datos obtenidos en campo realizando la siguiente operación:

$$V_r = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot (H_f - H_o)$$

$$V_r = 3.1416 \cdot \left(\frac{0.58}{2}\right)^2 \cdot (0.89 - 0.255)$$

$$V_r = 0.168 \text{ m}^3$$

El volumen para el Día N° 1 es 0.168 m³.

Para obtener los volúmenes del Día 2 al Día 7, se deberá repetir el cálculo anterior.

Cálculo del Volumen

Día	D (m)	Hf (m)	Ho (m)	V Residuos (m³)	Peso (kg)
1	0.58	0.89	0.255	0.168	43,5
2	0.58	0.89	0.235	0.173	40,1
3	0.58	0.89	0.218	0.178	36,4
4	0.58	0.89	0.223	0.176	34,9
5	0.58	0.89	0.162	0.192	45,3
6	0.58	0.89	0.212	0.179	35,0
7	0.58	0.89	0.2	0.182	42,3



- **Paso 2:** Con los datos registrados de “peso de los residuos contenidos en el cilindro”, se procede a calcular la densidad por día:

Con el dato del volumen obtenido del día N°1 igual a (0.168 m<sup>3</sup>) y con el peso del residuo de dicho día, se procede a efectuar la división:

$$\text{Densidad(S)} = \frac{W}{V_r}$$

$$\text{Densidad(S)} = \frac{43.5\text{kg}}{0.168 \text{ m}^3}$$

$$\text{Densidad(S)} = 258.93 \text{ kg/m}^3$$

La densidad para el día N° 1 es 258.93 kg/m<sup>3</sup>.

Para obtener las densidades del Día 2 al Día 7, deberá repetir el cálculo anterior.

- **Paso 3:** Una vez obtenga la densidad diaria por cada uno de los siete días, se promediará dicha densidad para obtener la densidad promedio (Sp); para lo cual se aplicará la siguiente fórmula:

$$Sp = \frac{\text{kg/m}^3.\text{Día 1} + \text{kg/m}^3.\text{Día 2} + \dots + \text{kg/m}^3 \text{ Día 7}}{7}$$

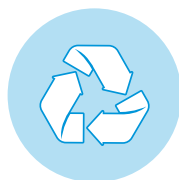
$$Sp = \frac{258.93 \text{ kg/m}^3 + 231.79\text{kg/m}^3 + \dots + 234.42 \text{ Día 7}}{7}$$

$$Sp = 222.49 \text{ kg/m}^3$$

- **Paso 4:** Consignar los datos en un cuadro de resultados, tal como se presenta a continuación:

Parámetro	Densidad diaria promedio (kg/m <sup>3</sup> )							Densidad promedio kg/m <sup>3</sup>
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	
Densidad (S)	258.93	231.79	204.49	198.30	235.94	195.53	232.42	222.49

**NOTA:** Cabe precisar, que las densidades diarias son densidades promedios (ya que la determinación de la densidad se realiza a todas las muestras recolectadas por tipo de generadores y fuentes de generación).



Para la estimación de la composición de residuos se hará uso de la Matriz de Composición Porcentual de residuos sólidos que se señala en el Anexo 10, la cual expresa la composición física de los residuos sólidos en porcentajes de peso.

#### g. Estimación de la composición de residuos sólidos

Para la estimación de la composición de residuos se hará uso de la Matriz de Composición Porcentual de residuos sólidos que se señala en el Anexo 10, la cual expresa la composición física de los residuos sólidos en porcentajes de peso, para lo cual se promedian los pesos de cada componente durante el periodo de muestreo, esto se puede llevar a cabo para los residuos sólidos domiciliarios, no domiciliarios y especiales independientemente.

En el caso de los residuos sólidos no domiciliarios y especiales, se recomienda realizar los cálculos de acuerdo al tipo de generador, es decir un cálculo independiente para establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles, mercados, instituciones públicas y privadas, instituciones educativas y barrido, de igual forma en los generadores de residuos sólidos municipales especiales considerar de manera independiente lubricatorios, veterinarias, centros comerciales, laboratorios.

Tipo de residuo sólido	Composición de residuos sólidos								Composición porcentual %
	Día 1 kg	Día 2 kg	Día 3 kg	Día 4 kg	Día 5 kg	Día 6 kg	Día 7 kg	TOTAL kg (suma día1;día7)	
Residuos de alimentos	20	48	34	25	41	23	32	223	(223/489) X 100 = 45.60 %
Maleza, poda y madera	47	25	44	50	30	21	49	266	54.40%
<b>TOTAL</b>	<b>67</b>	<b>73</b>	<b>78</b>	<b>75</b>	<b>71</b>	<b>44</b>	<b>81</b>	<b>489</b>	<b>100</b>

## ¿CÓMO HACERLO?

### Ejemplo de la estimación de la composición porcentual

- Se realiza la suma de los pesos obtenidos durante los días del desarrollo del estudio por cada tipo de residuo y luego la suma total en todos los días del estudio.
- Una vez obtenidos los pesos totales por tipo de residuo sólido (223 kg para residuos de alimentos y 266 kg para maleza, poda y madera) se realizan las sumas de totales por día (en este caso  $223 + 266 = 489$ ).
- Una vez obtenido el valor total en kilogramos de los residuos sólidos caracterizados (489 kg) se realiza la equivalencia de este al 100% y obteniéndose la composición porcentual por cada tipo de residuo sólido ( $(223/489) \times 100 = 45.60\%$ ).

**NOTA:** Todo el procedimiento señalado se aplicará para cada tipo de residuo sólido identificado en el estudio de caracterización.

## h. Estimación de la humedad de residuos sólidos

Para determinar la humedad de los residuos sólidos, se debe considerar la siguiente información: datos del pesaje total de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos correspondiente a todas las muestras recolectadas del día, luego deberá calcularse la fracción porcentual que representan los residuos sólidos orgánicos; una vez obtenida los resultados de la humedad del laboratorio referencial se completarán los cálculos y se determinará finalmente la humedad en base al total de residuos sólidos orgánicos.

Para el cálculo total de la humedad se recomienda emplear la siguiente tabla:

Peso de residuos sólidos orgánicos	Peso de residuos sólidos inorgánicos	Fracción de residuos orgánicos	Humedad (En base a residuos orgánicos)	Humedad (En base a peso total de residuos sólidos)
(A)	(B)	$r = (A)/(A+B)$	(H)	$H_t = (H) \times (r)$
kg	kg	%	%	%

### Donde:

**A:** Peso de residuos sólidos orgánicos

**B:** Peso de residuos sólidos inorgánicos

**r:** Fracción de residuos orgánicos

**H:** Humedad de residuos sólidos determinados en laboratorio

**H<sub>t</sub>:** Humedad en base al peso total de residuos sólidos de A+B



## 9 LITERATURA CONSULTADA

- CEPIS. Guía para el estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios, Anexo 02, OPS/CEPIS/04/IT-634.
- CEPIS. Hojas de divulgación técnica del CEPIS: 17 y 97.
- Javier Gorjas, Cardiel López y Zamorano Calvo, Estadística básica para estudiantes de ciencias, Universidad Complutense de Madrid, Versión 17, febrero 2011.
- Walpole Ronald E., Probabilidad y Estadística para Ingenieros, PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S.A., México, 1999.
- Matt Crowe and Mr. Gerry Carty, Environmental Protection Agency, Municipal Waste Characterisation, Ardcavan, Wexford, Ireland, 1996.
- Ministerio del Ambiente, NEFCO, Consorcio NIRAS, Perspectives, ECI, Estudio de caracterización física de residuos sólidos municipales de la ciudad de Huancayo, Lima – Perú, 2013.
- Ministerio del Ambiente, NEFCO, Consorcio NIRAS, Perspectives, ECI, Estudio de caracterización física de residuos sólidos municipales de la ciudad de Piura, Lima – Perú, 2013.
- USAID – PRODES, Municipalidad de Tambopata, Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales de la ciudad de Puerto Maldonado, Tambopata, Madre de Dios, Lima – Perú, 2014.
- Ministerio del Ambiente, Guía Metodológica para el desarrollo del Estudio de caracterización de Residuos Sólidos Municipales, Lima – Perú, 2013.
- Ministerio del Ambiente, Anexos de la Actividad 2 de las Metas 02 y 06: Implementar un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en viviendas urbanas del distrito, según los porcentajes categorizados por cada gobierno local, disponible en: <http://redrrss.minam.gob.pe/actividades.php> al 30 de noviembre de 2016.

- Resolución N° 0668. Por la cual se reglamenta el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones.
- Manual para la gestión de los residuos urbanos. GARRIGUES.2003. Página 64.
- Décima Disposición complementaria, transitorias y finales de la Ley N° 27314, Ley general de Residuos Sólidos.
- HAIR, J., ANDERSON, R., TATHAM, R. y BLACK, W. (1999). Análisis Multivariante. 5a Edición. Prentice Hall.
- Javier Gorjas, Cardiel López y Zamorano Calvo, Estadística básica para estudiantes de ciencias, Universidad Complutense de Madrid, Versión 17, febrero 2011.
- Walpole Ronald E., Probabilidad y Estadística para Ingenieros, PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S.A., México, 1999.

## 10 ACRÓNIMOS

- **CEPIS:** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
- **EC-RSM:** Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales
- **GPC:** Generación per cápita
- **PET:** Tereftalato de polietileno
- **PEAD:** Polietileno de alta densidad
- **PEBD:** Polietileno de baja densidad
- **PP:** Polipropileno
- **PS:** Poliestireno
- **PCV:** Policloruro de vinilo

## 11 GLOSARIO

### **Almacenamiento**

El almacenamiento es el proceso y/o operación de acumulación temporal de residuos sólidos en condiciones técnicas como parte del sistema de manejo de residuos sólidos hasta su valorización o disposición final.

### **Barrido y limpieza de espacios públicos**

Operación que tiene por finalidad que los espacios públicos que incluyen vías, plazas y demás áreas públicas, tanto en el ámbito urbano como rural, queden libres de residuos sólidos. La actividad debe realizarse sobre el total de vías existentes bajo diferentes modalidades de ejecución.

### **Bolsas plásticas de un solo uso**

Son aquellas bolsas de base polimérica, diseñadas para un solo uso y con corto tiempo de vida útil, o cuya composición y/o características no permite y/o dificulta su biodegradabilidad y/o valoración. También se conocen como descartables.

### **Composición Física**

Es la proporción relativa de componentes que se encuentran dentro de una cantidad específica de residuos sólidos, los cuales incluyen plásticos, metales, papel, materia orgánica, entre otros.

### **Densidad**

Es el peso de un material por unidad de volumen ( $\text{kg/m}^3$ ). Este parámetro tiene mucha importancia a la hora de determinar la capacidad de los equipos de recolección y almacenamiento de los residuos.

### **Disposición final**

Es el proceso y/o operación para tratar y disponer en un lugar los residuos sólidos como último proceso de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.

### **Desviación estándar**

Es la variación del promedio de la muestra medida en las mismas unidades que esta, matemáticamente, es la raíz cuadrada de la varianza.

**Generación per cápita (GPC)**

Es la generación unitaria de residuos sólidos, normalmente se refiere a la generación de residuos sólidos por persona-día.

**Gestión integral de residuos sólidos**

Toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos.

**Generador**

Persona natural o jurídica que en razón de sus actividades genera residuos, sea como fabricante, importador, distribuidor, comerciante o usuario. También se considera generador al poseedor de residuos peligrosos, cuando no se pueda identificar al generador real y a los gobiernos municipales a partir de las actividades de recolección.

**Humedad**

Es la cantidad de materia acuosa, generalmente concedida de los residuos orgánicos.

**Recolección**

Acción de recoger los residuos para transferirlos mediante un medio de locomoción apropiado, y luego continuar su posterior manejo, en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada.

**Recicladores organizados**

Personas naturales que deciden agruparse en una sociedad, asociación, micro empresa y empresa para realizar un fin común, constituyéndose en persona jurídica y formalizándose mediante inscripción en registros públicos.

**Residuos de limpieza de espacio público**

Son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, veredas, plazas y otras áreas públicas.

**Residuos municipales**

Son aquellos residuos conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción.

### **Residuos municipales especiales**

Son aquellos que siendo generados en áreas urbanas, por su volumen o características, requieren de un manejo particular, tales como residuos de laboratorios de ensayos ambientales y similares, lubricantes, centros veterinarios, centros comerciales, eventos masivos como conciertos, concentraciones y movilización temporal humana, ferias, residuos de demolición o remodelación de edificaciones de obras menores no comprendidos dentro de las competencias del Sector Vivienda y Construcción entre otros, salvo los que están dentro del ámbito de competencias sectoriales.

### **Residuos inorgánicos**

Son aquellos residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos.

### **Residuos municipales**

Los residuos del ámbito de la gestión municipal o residuos municipales, están conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción.

### **Residuo sólido no aprovechable**

Es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, instituciones, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.

### **Residuo no municipales**

Los residuos del ámbito de gestión no municipal o residuos no municipales, son aquellos de carácter peligroso y no peligroso que se generan en el desarrollo de actividades extractivas, productivas y de servicios. Comprenden los generados en las instalaciones principales y auxiliares de la operación.

### **Residuos orgánicos**

Se refiere a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición. Pueden generarse tanto en el ámbito de gestión municipal como en el ámbito de gestión no municipal.

**Segregación**

Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial.

**Valorización**

Cualquier operación cuyo objetivo sea que el residuo, uno o varios de los materiales que lo componen, sea reaprovechado y sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales o recursos en los procesos productivos. La valorización puede ser material o energética.

**Valor atípico**

También conocido como outlier. Se les denomina valores atípico u outliers a aquellas observaciones con características diferentes de las demás. Este tipo de casos no pueden ser caracterizados como beneficios o problemáticos, sino deben ser contemplados en el contexto del análisis y debe evaluarse el tipo de información que pueden proporcionar.

Su principal problema radica que son elementos que pueden no ser representativos de la población, pudiendo distorsionar seriamente el comportamiento de los contrastes estadísticos.

# 12

## ANEXOS

### Anexo 1: Lineamientos de capacitación a sensibilizadores

Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito _____ Lineamientos del taller de capacitación a sensibilizadores			
<b>Objetivos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer aspectos generales del manejo de los residuos sólidos.</li> <li>• Lograr acuerdos para seguir los procedimientos de la visita para la inscripción en el estudio; y comprender los contenidos de los materiales.</li> <li>• Realizar las tareas previas a la salida de campo para la sensibilización.</li> </ul>			
Temas	Procedimiento	Tiempo	Materiales
Bienvenida	Presentación de los objetivos del taller y temas a desarrollar.	5 min.	Registro de asistencia y lapiceros
TEMA 1: Situación de los residuos sólidos en el Perú y el distrito	Exposición acerca de la normatividad nacional y local en residuos sólidos y análisis de las etapas del ciclo de los residuos sólidos.	20 min	Laptop, multimedia, PPT
TEMA 2: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos:	Exposición acerca de la definición, importancia y etapas de la caracterización de los residuos sólidos municipales.	30 min	Laptop, multimedia, PPT
<b>Refrigerio</b>		<b>10 min.</b>	
TEMA 3: Metodología para la sensibilización a los generadores	<b>Exposición acerca de:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivo de la visita: informar acerca del desarrollo del estudio de caracterización y sensibilizar al vecino o propietario del establecimiento o empresa para lograr su participación.</li> <li>• Rol de los sensibilizadores (ubicar y obtener la cooperación de los vecinos o propietarios del establecimiento o empresa, asignar un código a la vivienda o establecimiento participante, registrar a los participantes en el formato físico y digital respectivo, colocar un sticker o afín para reconocer la muestra, identificar la vivienda o establecimiento en el plano de ruta y entregar materiales a los participantes).</li> <li>• Recomendaciones a los sensibilizadores (causar una primera buena impresión, mantener una comunicación positiva, responder las preguntas que pueda hacerle el generador y revisar sus materiales antes de salir al campo).</li> <li>• Esquema de la visita y uso de materiales: explicación del uso plano de ruta y uso del formato de sensibilización/ empadronamiento (enfaticando en la importancia de la codificación); y revisión de los contenidos de los materiales de educación y sensibilización para asegurar su comprensión.</li> </ul> <b>Juego de roles/socio-drama:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En parejas practican la aplicación de la visita mientras que el facilitador observa ensayo de cada pareja y brinda recomendaciones.</li> </ul>	60 min	Laptop, multimedia, PPT, y para cada participante: 1 lapicero, 1 plano de ruta, 2 cartas de alcaldía (1 para vecinos y 1 para propietarios), 2 formatos de empadronamiento (1 para vecinos y 1 para propietarios), 1 carnet de identificación, materiales a ser usados (sticker, rotafolio, volante, díptico, etc.) y 1 tablero (opcional).
Preparación de materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicación de indicaciones para preparar los materiales para la salida de campo: preparación de carpeta de materiales, entre otros aspectos logísticos.</li> <li>• Conclusiones del día y explicación de itinerarios para la salida de campo.</li> </ul>	30 min	Bolsas, stickers, entre otros.
<b>Tiempo</b>		<b>2 horas con 35 minutos.</b>	

## Anexo 2: Modelo de documento de invitación a participar del estudio

CARTA CIRCULAR N° \_\_\_\_\_ - 201X  
Distrito xxxx – xxxx de 201X  
Estimado Vecino (a)  
Sr (a) \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_

Asunto: Invitación a ser parte del Estudio de  
Caracterización de Residuos Sólidos  
Municipales en la Provincia/Distrito xxxx

De mi consideración:

La presente es para saludarle cordialmente y a la vez informarle que la Municipalidad Provincial/ Distrital de xxxxxx, está llevando a cabo el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos domiciliario en la Provincia/Distrito, con la finalidad de conocer las características físicas (cantidad y tipos) de residuos sólidos que se generan dentro de nuestra jurisdicción, buscando con ello mejorar la gestión integral de residuos sólidos domiciliarios.

En razón a ello se requiere su colaboración para ser parte de este estudio, con las siguientes actividades:

1. Registro de su vivienda como participante del estudio.
2. Recepción de bolsas diferenciadas para la recolección de los residuos sólidos generados en el domicilio, sin variar el comportamiento habitual.
3. Entrega de bolsas con residuos (de 24 horas de generación) al personal autorizado por la municipalidad, durante los 8 días siguientes que le indique el/la promotor/a ambiental.

Finalmente, se agradece su colaboración con la autoridad municipal para la realización de este estudio temporal de los residuos sólidos municipales; para consultas o dudas, puede comunicarse al (0xx) xxxxxx, anexo xxx.

Sin otro particular, quedo de usted.  
Atentamente

\_\_\_\_\_  
Alcalde / Gerente Municipal o del área responsable del estudio

### NOTA:

Adecuar el modelo de invitación para generadores no domiciliarios y generadores especiales.



## Anexo 3 y 4: Modelo de material de sensibilización a la población para la participación en el estudio

### ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES



**¿QUÉ SON LOS RESIDUOS SÓLIDOS?**  
Son aquellos restos que cada persona genera en sus actividades diarias y comúnmente llamados basura



**¿QUÉ ES UN ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS-ECRS?**  
Es una herramienta que permite obtener información primaria acerca de la cantidad, composición, densidad y humedad de los residuos sólidos en un determinado ámbito.



**¿CUÁL ES LA IMPORTANCIA DE UN ECRS?**  
Es importante porque permite elaborar una serie de instrumentos de gestión de residuos sólidos, así como proyectos de inversión y otros que permitan tomar decisiones en la gestión integral de los residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo.



**¿CÓMO PUEDO PARTICIPAR?**  
Si tu vivienda ha sido seleccionada, entonces:  
1) Responde a las preguntas que te realizará el/la promotor/a ambiental.  
2) Entrega durante 8 días seguidos **todos tus residuos sólidos sin excepción** al personal encargado e identificado.

LOGO DE LA  
MUNICIPALIDAD

### ¿CÓMO PUEDO PARTICIPAR DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN?



**RESPONDER LAS PREGUNTAS** realizadas por los/as promotores/as ambientales, quienes estarán identificados con su fotocheck y te preguntarán lo siguiente:



- Dirección.
- Urbanización, Asentamiento
- Humano o Centro Poblado.
- Nombre y Apellido.
- DNI.
- Número de habitantes.

Luego de responder las preguntas, deberá **firmar el padrón de personas participantes en el estudio**.



**NO RETIRAR** el sticker de su vivienda o establecimiento comercial por ningún motivo, mientras dure el estudio (8 días); en caso de la pérdida del sticker, comunicar inmediatamente a los/as promotores/as ambiental identificados con el fotocheck.



**ENTREGAR SUS RESIDUOS SÓLIDOS ÚNICAMENTE** al personal identificado, durante 8 días seguidos, la bolsa para los residuos debe contener absolutamente **todos los desperdicios** que se generen en su vivienda o establecimiento comercial. Durante este período tus bolsas con residuos **no** deben ser recolectados por el **vehículo recolector**.

LOGO DE LA  
MUNICIPALIDAD

## Anexo 5: Metodología para determinar el tamaño de muestras domiciliarias

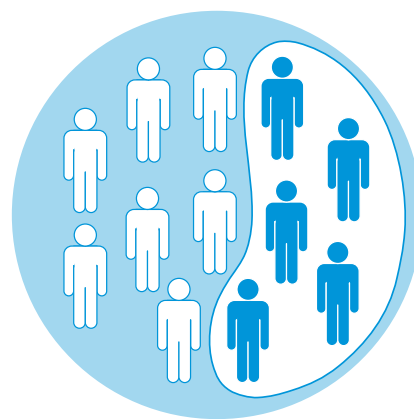
### Metodología para determinar el tamaño de la muestra

La metodología para determinar el tamaño de la muestra necesaria para los estudios de caracterización de residuos sólidos domiciliarios, requiere la aplicación de los conceptos básicos de estadística, los cuales deben ser manejados por el responsable del estudio y se definen a continuación:

#### Población y Muestra

La población en el caso de todo análisis estadístico, es el conjunto completo de elementos con una característica común que es objeto de nuestro estudio.

La muestra es una parte de la población que representa a esta y que es utilizada para proyectar las cifras sin necesidad de analizar al total de la población.



#### Muestreo aleatorio

De acuerdo a la metodología, todos los elementos de una población deben tener la misma posibilidad de ser seleccionados como muestra.

#### Media Aritmética

La media aritmética o promedio aritmético es la suma de los datos dividida por la cantidad de estos, para lo cual se asume que todos los datos o valores tienen la misma importancia o peso, es decir no existe una ponderación de datos.

#### Varianza de una muestra

Está basada en un valor promedio de las desviaciones respecto a la media o promedio y matemáticamente es el promedio de los cuadrados obtenidos de la diferencia entre cada muestra y el valor promedio calculado.

En la siguiente tabla, se tienen los valores promedios de generación per cápita de residuos sólidos para cada vivienda, obtenidos en un muestreo de 8 días; el valor promedio final obtenido con los valores promedios de GPC para cada vivienda, es decir, el promedio de la generación per cápita de las viviendas muestreadas; la diferencia entre el valor promedio de cada vivienda y el promedio de toda la muestra; en la diferencia hallada elevada al cuadrado; y, finalmente, la varianza de la muestra.

Ejemplo de estimación de la varianza de una muestra:

Muestras	GPC (kg/hab/día) (A)	GPC Promedio de la Muestra (x)	Diferencia $D = (A - x)$	Diferencia al cuadrado $v = (D)^2$	Varianza $V = (v)/(n-1)$
Vivienda 1	0,54	0,52	0,02	0,00036	0,01
Vivienda 2	0,45	0,52	-0,07	0,00504	0,01
Vivienda 3	0,53	0,52	0,01	0,00008	0,01
Vivienda 4	0,5	0,52	-0,02	0,00044	0,01
Vivienda 5	0,38	0,52	-0,14	0,01988	0,01
Vivienda 6	0,66	0,52	0,14	0,01932	0,01
Vivienda 7	0,55	0,52	0,03	0,00084	0,01
Vivienda 8	0,51	0,52	-0,01	0,00012	0,01
Vivienda 9	0,49	0,52	-0,03	0,00096	0,01
Vivienda 10	0,6	0,52	0,08	0,00624	0,01
n = 10 (total de número de muestras)					

El valor obtenido de 0.01 se interpreta de la siguiente manera: “En promedio los cuadrados de las diferencias entre la GPC total de la muestra y las GPC obtenidas en cada una de las viviendas, difieren en 0.01 unidades con respecto a la GPC total de la muestra”.

## Desviación típica o estándar

La desviación típica o estándar es la variación del promedio de la muestra medida en las mismas unidades que esta, matemáticamente, es la raíz cuadrada de la varianza; en la siguiente tabla, se observa el cálculo respectivo:

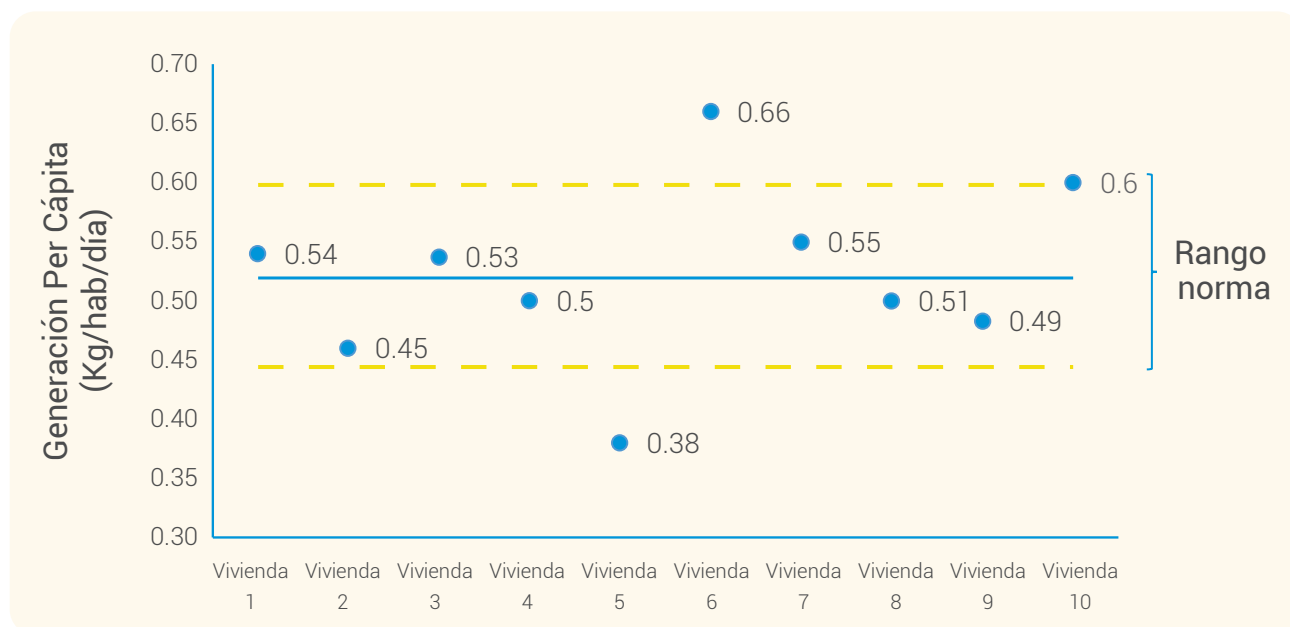
Ejemplo de estimación de la desviación estándar de una muestra:

Muestras	GPC (kg/hab/día) (A)	Varianza $V = (v)/(n-1)$	Desviación Estándar $s = \sqrt{V}$
Vivienda 1	0,54	0,01	0,08
Vivienda 2	0,45	0,01	0,08
Vivienda 3	0,53	0,01	0,08
Vivienda 4	0,5	0,01	0,08
Vivienda 5	0,38	0,01	0,08
Vivienda 6	0,66	0,01	0,08
Vivienda 7	0,55	0,01	0,08
Vivienda 8	0,51	0,01	0,08
Vivienda 9	0,49	0,01	0,08
Vivienda 10	0,6	0,01	0,08

El valor obtenido de 0.08 se interpreta de la siguiente manera: “En promedio las diferencias entre la GPC total de la muestra y las GPC obtenidas en cada una de las viviendas, difieren en 0.08 kg/hab/día con respecto a la GPC total de la muestra”.

Las dispersiones halladas se muestran en la siguiente figura:

### Interpretación y aplicación de la desviación típica o estándar



Como se observa, la desviación estándar define en esta gráfica rangos superior e inferior, dentro de los cuales se espera que se encuentren las muestras, se observa también que hay algunos datos fuera de los rangos definidos por la desviación estándar.

### Distribución Normal

La mayoría de investigaciones y fenómenos de la naturaleza se pueden definir bajo la distribución normal o de Gauss, esta distribución ayuda a mantener probabilidades de los diversos valores obtenidos en cada muestra, dentro de un margen requerido, generalmente expresado en porcentaje, así, si deseamos mantener las muestras dentro de los márgenes definidos por la desviación estándar con una probabilidad del 95%, recurriremos a la tabla de distribución normal y hallaremos el valor del estadístico “Zc”, con el cual se definirá la siguiente expresión:

$$Z_c = \frac{(x - u)}{s}$$

**Donde:**

**Z<sub>c</sub>:** Variable aleatoria normal

**x:** dato de la muestra

**u:** Promedio de la muestra

**s:** Desviación estándar de la muestra

Es decir, el valor que hallemos en la tabla de distribución normal para  $Z_c$ , lo igualaremos a esta expresión, considerando el promedio final ( $\bar{u}$ , de todas las viviendas), el promedio de cada vivienda o muestra ( $\bar{x}$ ) y la desviación estándar, obtenida de todas las muestras válidas del estudio.

Si bien es cierto, el uso de  $Z_c$  permite una validación estadística de los datos obtenidos en campo, existen pasos previos de verificación de los datos obtenidos, como la aceptación o no de datos claramente fuera del rango esperado (muy por arriba o muy por debajo del valor esperado), por ejemplo cuando una familia decide hacer una limpieza general o de sus techos, aprovechando que durante el estudio de caracterización, el recojo de residuos se lleva a cabo diariamente, lo cual incrementará la generación de residuos sólidos de esa vivienda, sin embargo, la idea de desarrollar el estudio es obtener una «foto» de las condiciones cotidianas de generación de residuos sólidos, lo cual no considera limpiezas esporádicas hechas por los generadores.

Para interpretar estas condiciones, es importante que el especialista a cargo, posea cierto entrenamiento y experiencia en campo, en estudios anteriores o como técnico de servicios de limpieza pública en un gobierno local, de este modo se podrán corregir estas incidencias desde la toma de muestras.

Para la determinación del nivel de confiabilidad más adecuado a usar en la estimación de muestras de residuos sólidos domiciliarios en un estudio de caracterización de residuos sólidos, se hicieron ensayos de estimación de muestras y de obtención de generación per cápita de residuos sólidos con niveles de confianza de la distribución normal de 90% y 95%. La interpretación de este análisis arrojó que es conveniente mantener una confiabilidad de 95% en la distribución normal.

Existen diversos métodos estadísticos para determinar un número mínimo de muestras para este tipo de estudios, los mismos se basan principalmente en el tamaño de la población, la variabilidad que presenta y las distorsiones que se pueden dar en el muestreo; para este tipo de estudios se determinará el tamaño muestral teniendo como base que la población tiene una distribución normal de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

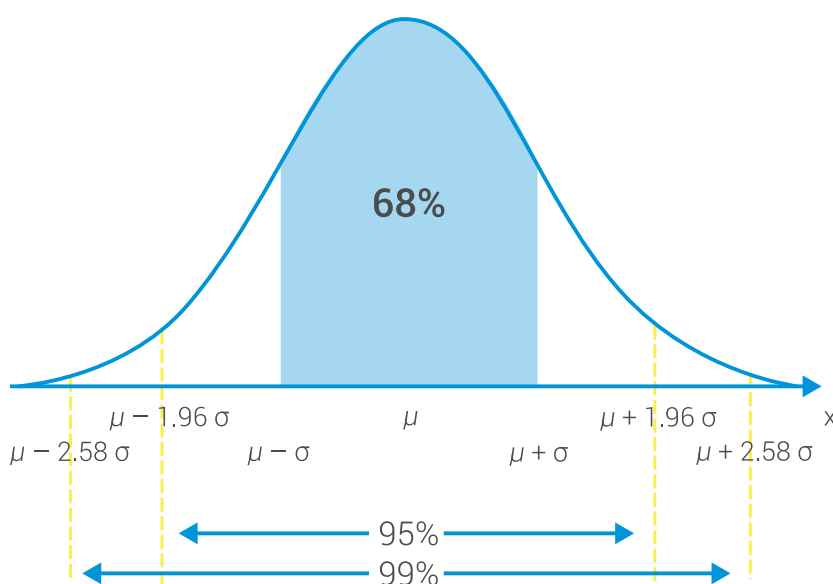
En la aplicación de guías anteriores se han evidenciado dificultades al momento de aplicar fórmulas de determinación del tamaño muestral, en la presente guía y con fines prácticos se presentan los rangos de tamaño de muestras que las municipalidades deben considerar de acuerdo a la cantidad de viviendas en cada distrito, de modo que no se generen controversias.

Esta fórmula se basa principalmente en la variabilidad que presenta la población estudiada, la cual debe distribuirse normalmente, cabe resaltar que esta fórmula se utiliza a pesar de existir arreglos estadísticos que pueden definir de manera más precisa la población pero que requerirían de un conocimiento más amplio del evaluador y un nivel mayor de información al que se cuenta actualmente; es decir se ha sopesado el criterio de practicidad y confiabilidad estadística.

Los datos que se han propuesto se generaron mediante los siguientes valores:

**Total de viviendas del distrito:** Se toma el valor superior de cada uno de los rangos de viviendas propuestas (500, 1000, 5000 y 10000 viviendas).

**Nivel de confianza:** Bajo el supuesto que la población se distribuye normalmente, se ha previsto trabajar con un 95% de confiabilidad, lo cual se consigue a 1.96 desviaciones estándar ( $Z_c$ ) a la derecha e izquierda de la media nacional de 0.56 Kg/hab/día, se presenta el siguiente gráfico para explicar la lógica en el cálculo:



**Desviación estándar:** Se han considerado los siguientes valores de acuerdo a las condiciones estudiadas en cada uno de los rangos poblacionales:

Rango de viviendas (N)	Desviación correspondiente
Hasta 500 viviendas	0.20
Más de 500 y hasta 1000 viviendas	0.25
Más de 1000 y hasta 5000 viviendas	0.28
Más de 5000 y hasta 10000 viviendas	0.28
Más de 10000 viviendas	0.28



**Error permisible:** Se ha considerado un valor de 10% de la GPC promedio nacional es decir  $10\% \times 0.56 = 0.056$

**Porcentaje de contingencia:** Es un valor que permite eliminar datos anormales sin necesidad de afectar la confiabilidad estadística de la muestra, en este caso se ha considerado un valor de 20% con respecto al total de las muestras halladas.

**Número de muestras (n):** corresponde al número de muestras obtenidas por la relación inicial más el 20% de muestras de contingencia.

Rango de viviendas (N)	Tamaño de Muestra (n)	Muestras de contingencia (20% de n)	Total de muestras domiciliarias
Hasta 500 viviendas	45	9	54
Más de 500 y hasta 1000 viviendas	71	14	85
Más de 1000 y hasta 5000 viviendas	94	19	113
Más de 5000 y hasta 10000 viviendas	95	19	114
Más de 10000 viviendas	95	23	119

Para el caso particular del cálculo de la muestra de generadores no municipales, se han considerado los siguientes parámetros:

- **Desviación estándar:** Se ha considerado un valor de 50% de la GPC promedio nacional de residuos sólidos no domiciliarios, que de acuerdo a CEPIS representaría el 30% de la generación total municipal ( $0.56 \times 30/70 = 0.24$ )
- **Error permisible:** Se ha considerado un valor de 10% de la GPC promedio nacional de residuos sólidos no domiciliarios, es decir  $10\% \times 0.24 = 0.024$
- **Porcentaje de contingencia:** Es un valor que permite eliminar datos anormales sin necesidad de afectar la confiabilidad estadística de la muestra, en este caso se ha considerado un valor de 20% con respecto al total de las muestras halladas.
- **Número de muestras (n):** corresponde al número de muestras obtenidas por la relación inicial más el 20% de muestras de contingencia.



[illegible]

## Anexo 7: Seguridad y salud en el trabajo

Etapa	Actos / Condiciones inseguras	Riesgo	Medidas de atención inmediata	Medida de prevención
Traslado de personal a las zonas de recolección	Subir de manera apresurada a la camioneta.	Caídas, golpes, torceduras, lesiones por presión de la puerta del unidad vehicular.	Atención de primeros auxilios.	Charla de 5 minutos antes del inicio de operaciones, registro de las charlas, preguntas al final de las charlas.  Sanción por reincidencia.
	Viajar en la tolva de la camioneta.	Caídas, golpes, torceduras.		
		Accidentes con otros unidad vehiculares.	Buscar atención médica de urgencia.	
	Juegos en la cabina del unidad vehicular, distracción al conductor.	Choques, despistes.		
Distribución en campo del personal	Bajar apresuradamente de la camioneta.	Caídas, golpes, torceduras.	Atención de primeros auxilios.	Charla de 5 minutos antes del inicio de operaciones, registro de las charlas, preguntas al final de las charlas.  Sanción por reincidencia.
	Correr para cruzar la autopista.	Embestidas, atropellamientos.	Buscar atención médica de urgencia.	
Recolección de residuos sólidos	Arrastrar las bolsas de residuos.	Rotura de bolsas y derrame de residuos.	Limpieza del lugar, información del hecho y las medidas a los afectados.	Charla de 5 minutos antes del inicio de operaciones, registro de las charlas, preguntas al final de las charlas.  Sanción por reincidencia.
	Aventar los residuos sólidos en los puntos en los que se acumulan.	Lesiones por golpe.	Atención de primeros auxilios.	
		Cortes por vidrios rotos.		
		Daños a los ojos por partículas o espinas.	Lavado de ojos, atención médica.	
Carguío de muestras	Aventar las bolsas de residuos sólidos.	Lesiones por golpe.	Atención de primeros auxilios.	Procedimiento para el transporte de residuos y charlas de 5 minutos.
		Cortes por vidrios rotos.		
		Daños a los ojos por partículas o espinas.	Lavado de ojos, atención médica.	

Etapa	Actos / Condiciones inseguras	Riesgo	Medidas de atención inmediata	Medida de prevención
Transporte de muestras y de personal	No colocar malla a las bolsas o no asegurarlas.	Caída de bolsas y daños a terceros.	Limpieza del lugar, información del hecho y las medidas a los afectados.	Procedimiento para el transporte de residuos y charlas de 5 minutos.
	Exceso de velocidad para trasladar las bolsas.	Caída de bolsas y daños a terceros.		Charla de 5 minutos antes del inicio de operaciones, registro de las charlas, preguntas al final de las charlas.  Sanción por reincidencia.
		Choques, despistes.	Despejar la vía de tránsito, atención policial.	
Descarga de muestras	Aventar las bolsas de residuos sólidos.	Lesiones por golpe.	Atención de primeros auxilios.	Procedimiento para la descarga de residuos y charlas de 5 minutos.
		Cortes por vidrios rotos.	Atención de primeros auxilios, evaluar para atención médica.	
		Daños a los ojos por partículas o espinas.	Lavado de ojos, atención médica.	
Pesaje de muestras y análisis de densidad	Aventar las bolsas de residuos sólidos.	Lesiones por golpe.	Atención de primeros auxilios.	Procedimiento para el pesaje de muestras .  Charlas de 5 minutos.
		Cortes por vidrios rotos.	Atención de primeros auxilios, evaluar para atención médica.	
		Daños a los ojos por partículas o espinas.	Lavado de ojos, atención médica.	
	No usar guantes para el manipuleo de residuos.	Cortes en las manos.	Lavado de herida, evaluar atención médica.	
Clasificación de muestras	No usar guantes para el manipuleo de residuos.	Cortes en las manos, infecciones por heridas abiertas.	Lavado de herida, evaluar atención médica.	Charla de 5 minutos antes del inicio de operaciones, registro de las charlas, preguntas al final de las charlas.  Sanción por reincidencia.
	No usar protección para respirar (mascarilla).	Afecciones a las vías respiratorias.	Atención médica, suspender del trabajo.	
		Intoxicaciones.	Atención médica suspender del trabajo.	
	Jugar con los residuos sólidos.	Daños a los ojos.	Lavado de ojos, atención médica.	
		Ingreso de residuos sólidos a la boca, ingesta de residuos.	Atención médica.	

**NOTA:** Sin perjuicio a lo establecido en el Decreto Supremo N°017-2017 –TR, que aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de los Obreros Municipales del Perú.

### Anexo 8: Modelo referencial de cadena de custodia para el análisis de residuos sólidos

Institución		Dirección		INFORMACIÓN DE ENVIÓ DE LA MUESTRA	
Nombre del contacto		Teléfono de contacto		Tipo de entrega	Directa ( ) Mensajería ( )
Email		Proyecto		Responsable de envió	
Realizar boleta o factura a nombre		RUC		Empresas de mensajería	
Departamento		Provincia		N° de paquetes enviados	
Código de cadena de custodia		Distrito		Fecha	

Código de Laboratorio (1)	Código de la muestra	Fecha de muestreo	Fuente de generación de la muestra (2)	N° de envases por muestreo	N° sobre empaque	Preservación (3)(SI/NO)	Parámetros a determinar	Observaciones
							Humedad	
							Humedad	
							Humedad	
Total								

Entregado			Recibido				
Nombre y apellido	Firma	Institución/empresa	Nombre y apellido	Firma	Institución/empresa	Fecha	Hora
Responsable del muestreo							
Firma							

(1) Campo exclusivo para el Laboratorio. (2) Detallar si es fuente de generación Domiciliaria/ No Domiciliaria/ Especial. (3) En caso "Si" se enví refrigerada, señalar si es con hielo o gel.

## Anexo 9: Contenido del informe final del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales

### INTRODUCCIÓN

#### I OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- 1.1. Objetivo General
- 1.2. Objetivos Específicos

#### II METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

- 2.1. Determinación de número de muestras domiciliarias
  - 2.1.1. Zonificación del distrito
  - 2.1.2. Determinación y proyección de la población actual
  - 2.1.3. Determinación del tamaño y distribución de la muestra por ubicación espacial
- 2.2. Determinación de número de muestras no domiciliarios y especiales
  - 2.2.1. Identificación de las principales actividades económicas del distrito de acuerdo al índice de usos
  - 2.2.2. Determinación del número de muestra de generadores de residuos no domiciliarios
  - 2.2.3. Determinación del número de muestra de generadores de residuos especiales
  - 2.2.4. Determinación de la distribución de la muestra por ubicación espacial
- 2.3. Procedimientos para la realización del estudio
  - 2.3.1. Coordinaciones generales
  - 2.3.2. Conformación del equipo técnico y de campo, y capacitación
  - 2.3.3. Determinación de equipos y materiales a utilizar en el estudio
  - 2.3.4. Sensibilización y empadronamiento
  - 2.3.5. Plan de seguridad e higiene
- 2.4. Ejecución del estudio
  - 2.4.1. Recolección de muestras domiciliarias
    - 2.4.1.1. Determinación de la generación per-cápita
    - 2.4.1.2. Determinación de la densidad
    - 2.4.1.3. Determinación de la composición física de los residuos sólidos
    - 2.4.1.4. Determinación de la humedad
  - 2.4.2. Recolección de muestras de generadores no domiciliarios y especiales
    - 2.4.2.1. Determinación de la generación
    - 2.4.2.2. Determinación de la densidad
    - 2.4.2.3. Determinación de la composición física de los residuos sólidos
    - 2.4.2.4. Determinación de la humedad

#### III PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO

- 3.1. Resultados de la caracterización domiciliaria
  - 3.1.1. Generación per cápita (GPC) de los residuos sólidos domiciliarios.
  - 3.1.2. Densidad de residuos sólidos domiciliarios
  - 3.1.3. Composición física de los residuos sólidos domiciliarios
  - 3.1.4. Humedad de los residuos sólidos domiciliarios
- 3.2. Resultados de la caracterización no domiciliaria y especiales
  - 3.2.1. Generación total
  - 3.2.2. Densidad de residuos sólidos



3.2.3. Composición física de los residuos sólidos

3.2.4. Humedad de los residuos sólidos

### **3.3. Resultados generales de la caracterización**

3.3.1. Generación total y generación per cápita total municipal

3.3.2. Densidad suelta de residuos sólidos municipales

3.3.3. Composición general de los residuos sólidos municipales

## **IV. CONCLUSIONES**

## **V . RECOMENDACIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

Anexo N° 1: Registro de participantes empadronados

Anexo N° 2: Copia de comunicación oficial a los participantes del estudio

Anexo N° 3: Resultados de análisis de laboratorio del parámetro de humedad

Anexo N° 4: Registro de asistencia de capacitación

Anexo N° 5: Acta de acuerdos del equipo técnico

Anexo N° 3: Registro fotográfico

## Anexo 10: Formatos para cálculos de parámetros

A continuación se detalla la relación de formatos para cálculos de parámetros para generadores domiciliarios, no domiciliarios y especiales:

- EXCEL FORMATOS ESPECIALES
- EXCEL FORMATOS DOMICILIARIOS
- EXCEL FORMATOS NO DOMICILIARIOS
- FORMATO COMPOSICIÓN
- FORMATO DENSIDAD

Los formatos señalados se encontraran en la página web del Ministerio del Ambiente.

## Anexo 11: Ejemplo de validación de la generación per cápita (GPC) para generadores domiciliarios

El ejemplo de validación de la generación per cápita (GPC) para generadores domiciliarios, se encuentra en la página web del Ministerio del Ambiente.







PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

EL PERÚ PRIMERO

**Ministerio del Ambiente**

Av. Antonio Miroquesada 425  
Magdalena del Mar, Lima - Perú  
(511) 611-6000  
[www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)