



Programa
CYMA Competitividad y
Medio Ambiente

Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios



San José, Costa Rica
2012

Plataforma
Interinstitucional

mideplan
Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica



MINAET

ifam

Instituto de Fomento y Asesoría Municipal

CI-CR
Cámara de Industrias
de Costa Rica

giz



Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung

www.programacyma.com



Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios

San José, Costa Rica
2012

Plataforma
Interinstitucional

mideplan

Ministerio de planificación nacional y política económica



Instituto de Fomento y Asesoría Municipal



www.programacyma.com



363.728

P964g

Programa Competitividad y Medio Ambiente (CYMA) /
AMBERO-IP-CEGESTI

Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios
de generación y composición de residuos ordinarios / Elizabeth Venegas,
Jan Janssen—San José, Costa Rica: CYMA, 2012.

64 p.; 27 cm.

ISBN: 978-9977-62-116-6

1-RESIDUOS ORDINARIOS. 2. METODOLOGÍA. 3. COSTA
RICA. I. Título.

Documento elaborado por encargo del Programa Competitividad y Medio Ambiente (CYMA), por el consorcio alemán AMBERO-IP, con el apoyo local de CEGESTI. La revisión del texto estuvo a cargo del equipo del Programa CYMA.

Autor (es): Ing. Elizabeth Venegas; Ing. Jan Janssen; Lic. Rolando Castro;
Ing. Verena Arauz; Bach. Carol Peña.

Revisión Programa CYMA: Ing. Patricia Ruiz (GIZ), Dr-Ing. Gunther Wehenpohl
(GIZ) Lic. Juan Carlos Oreamuno (Ministerio de Salud), Ing. Eugenio Androvetto
(Ministerio de Salud).

Las ideas expresadas por el autor o los participantes en los talleres y recopiladas
en este documento no necesariamente presentan las opiniones oficiales del
Programa CYMA o de las entidades que forman parte de él.

Diseño y Diagramación: Carlos Kidd

Índice

Índice de Tablas	5
Índice de Figuras	5
Acrónimos y Abreviaturas	6
1. Introducción	7
2. Objetivo y Ámbito de Aplicación	8
3. Definiciones	9
4. Procedimientos	10
A. Planificación del estudio	15
Paso A1: Creación del equipo de trabajo	17
Paso A2: Identificación la fecha del muestreo	18
Paso A3: Identificación del área del estudio y de los estratos socioeconómicos	18
Paso A4: Identificación de las zonas de muestreo en un mapa	19
Paso A5: Estimación del número de viviendas en el área del estudio y los estratos	19
Paso A6: Determinación del número de viviendas de la muestra	20
Paso A7: Cálculo del número de muestras en cada estrato	21
Paso A8: Selección de las viviendas de la muestra	22
Paso A9: Determinación del número de muestras para el estrato de los comercios	23
Paso A10: Distribución de la muestra comercial	24
Paso A11: Definición de la frecuencia del muestreo	25
Paso A12: Preparación de formulario documentación	26
Paso A13: Visita para recolección de información de las viviendas y comercios	26
Paso A14: Preparación de la logística del estudio de campo	28
Paso A15: Preparación del lugar de separación de las muestra	28
B. Toma de las muestras	29
C. Determinación de la generación de RS	31
Paso C1. Generación per cápita por día (GCD) de RS en las VIVIENDAS	31
Paso C1.1: Pesaje de las muestras	31
Paso C1.2: Definición cantidad generada por hab./día en cada estrato resid.	31
Paso C1.3: Cálculo del promedio ponderado de GCD	32
Paso C1.4: Cálculo de desviación estándar	32
Paso C2. Generación de RS en los COMERCIOS	33
Paso C2.1: Pesaje de residuos comerciales	33
Paso C2.2: Definición de la cantidad por comercio	33
Paso C2.3: Cálculo generación total por día de los comercios en área de estudio	34

Paso C2.4: Definición de la generación per cápita de los residuos comerciales	32
Paso C2.5: Cálculo de la desviación estándar	32
Paso C3. Generación percápita/día y generación total de RS/día en área de estudio	32
Paso C3.1: Cálculo de la generación per capita total	32
Paso C3.2: Cálculo de la generación total en el área del estudio	32
D. Determinación de la composición física de los RS	35
Paso D1. Composición física de los RS generados en las viviendas	35
Paso D1.1: Preparación de bolsas	35
Paso D1.2: Disposición de la muestra	35
Paso D1.3: Preparación de la muestra	35
Paso D1.4: Aplicación del método de cuarteo	35
Paso D1.5: Separación en categorías	36
Paso D1.6: Pesaje por categorías	38
Paso D1.7: Cálculo del porcentaje de cada categoría	38
Paso D1.8: Repetición por estrato	39
Paso D1.9: Cálculo de promedios por estrato	39
Paso D1.10: Cálculo del valor ponderado para los porcentajes por categoría	40
Paso D2. Composición física de los RS generados por los comercios	42
E. Presentación de los resultados	43
5. Bibliografía	44
Anexos	45
Anexo 1. Capacitación necesaria para el equipo de trabajo	45
Anexo 2. Mapa de zonificación del Distrito de Quesada, Cantón de San Carlos	46
Anexo 3. Ejemplo de formularios de recolección de información	47
Anexo 4. Ejemplo de boleta informativa para las viviendas y comercios	49
Anexo 5: Carta a la empresa encargada de la recolección de residuos	50
Anexo 6. Lista de verificación de los materiales necesarios para el estudio	51
Anexo 7. Matriz para estimación de costos del estudio	54
Anexo 8. Especificaciones del equipo de protección personal (EPP)	56
Anexo 9. Extracto del cronograma sugerido para realizar el estudio	57
Anexo 10. Ficha resumen del trabajo de campo	58
Anexo 11. Ejemplo de formulario para documentar la información durante el estudio	59
Anexo 12. Hoja de Excel para el procesamiento de los datos del estudio	61
Anexo 13. Ejemplo de formato de informe de presentación de resultados	61
Anexo .14. Explicación de planillas en excel (cd adjunto)	63

Índice de Tablas

Tabla 1: Información previa básica y sus fuentes para la planificación del estudio	16
Tabla 2: Equipo de trabajo	17
Tabla 3: Ejemplo para obtención del porcentaje correspondiente a cada estrato	20
Tabla 4: Crecimiento del N° de viviendas en la muestra conforme varían el N° de viviendas en el área de estudio	21
Tabla 5: Ejemplo de la distribución de la muestra por estrato	22
Tabla 6: Ejemplo de planificación de acuerdo a la frecuencia de recolección	25
Tabla 7: Ejemplo de tabla para documentar los datos de generación de residuos en viviendas	31
Tabla 8: Ejemplo del cálculo del promedio ponderado de GCD para los estratos residenciales	32
Tabla 9: Ejemplo de tabla para documentar los datos de generación en comercios	33
Tabla 10: Categorías primarias y secundarias	36
Tabla 11: Ejemplo de tratamiento de datos del estudio de caracterización	38
Tabla 12: Ejemplo de obtención de promedio para cada categoría	39
Tabla 13: Ejemplo del cálculo de promedio ponderado para cada categoría	40

Índice de Figuras

Figura 1: Diagrama del procedimiento para estudios de generación y composición de RO	15
Figura 2: Variación del N° de muestras vs. la cantidad de viviendas en el área de estudio	21
Figura 3: Ubicación de puntos de muestreo en el croquis para el distrito Quesada	23
Figura 4: Calcomanías utilizadas para identificar las unidades a muestrear	25
Figura 5: Lugar para pesaje y separación. Relleno Sanitario de Florencia, San Carlos	29
Figura 6: Colocación de bolsas en canasta frente a la vivienda	29
Figura 7: Recolección e identificación de las muestras	30
Figura 8: Ejemplo de romana de plataforma	31
Figura 9: Preparación del muestra para aplicación del método de cuarteo	35
Figura 10: Método de cuarteo	36
Figura 11: Gráficos del estudio de caracterización en el distrito Quesada	46

Acrónimos y Abreviaturas

ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicio Públicos
CEGESTI	Fundación Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial
CYMA	Programa Competitividad y Medio Ambiente
Gtotal	Generación total diaria de residuos sólidos ordinarios
GCD	Generación per cápita por día
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólidos
GIZ	Cooperación Alemana para el Desarrollo
IFAM	Instituto de Fomento y Asesoría Municipal
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
MINSALUD	Ministerio de Salud
PRESOL	Plan de Residuos Sólidos de Costa Rica
RO	Residuos Ordinarios

1. Introducción

La Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) requiere información veraz y actualizada para sus fines de planificación y monitoreo. Esto también comprende los conocimientos sobre la generación y composición de los residuos ordinarios (RO), ya que solamente con información detallada es posible realizar planificaciones generales y específicas, así como evaluaciones sobre el cumplimiento de la Política Nacional y los lineamientos del Plan Municipal de Gestión de los Residuos Sólidos.

Considerando la situación en los diferentes países de América Latina, se constata el gran déficit en información comprobada y verídica referente a la generación y composición de los residuos sólidos.

En el caso de Costa Rica, uno de los objetivos de la Ley para la Gestión Integral de Residuos (No. 8839 de 24 de junio de 2010) es promover la clasificación, cuantificación y caracterización de los residuos, a fin de construir y mantener actualizado un inventario nacional que permita una adecuada planificación para su gestión integral (Artículo 3, inciso g).

De acuerdo con esta Ley, el Ministerio de Salud ejerce la rectoría en la materia, con potestades de dirección, monitoreo, evaluación y control. Dentro de sus funciones se pueden destacar las siguientes competencias de interés para este tema:

- “Dictar los reglamentos, por tipo de residuo, que sean necesarios para la gestión integral de residuos” (Artículo 7, inciso b).
- “Desarrollar las herramientas y los reglamentos técnicos que sean necesarios para la gestión integral de residuos” (Artículo 7, inciso d).
- “Establecer un sistema de información nacional sobre gestión integral de residuos que permita elaborar los inventarios e indicadores relacionados con la gestión integral de residuos que complementen el sistema de indicadores e índices de salud y ambientales nacionales” (Artículo 7 inciso j).

En el caso de las municipalidades, como responsables de la gestión integral de los residuos generados en su cantón; deben:

- “Establecer y aplicar el plan municipal para la gestión integral de residuos en concordancia con la política y el Plan Nacional” (Artículo 8, inciso a).
- “Dictar los reglamentos en el cantón pa la clasificación, recolección selectiva y disposición final de residuos, los cuales deberán responder a los objetivos de esta Ley y su Reglamento” (Artículo 8, inciso b).
- “Fijar las tasas para los servicios de manejo de residuos que incluyan los costos para realizar una gestión integral de estos, de conformidad con el plan municipal para la gestión integral de residuos, esta Ley y su Reglamento, y en proporción con la cantidad y la calidad de los residuos generados, asegurando el fortalecimiento de la infraestructura necesaria para brindar dichos servicios y garantizando su autofinanciamiento” (Artículo 8, inciso h).

Para fines de la GIRS, tanto a nivel nacional como a nivel local es importante conocer la generación y la composición de los residuos ordinarios generados, por lo tanto, se hace necesaria una metodología que estandarice los estudios respectivos a nivel nacional. Esto permite la validación de los datos recopilados y la comparación de estos con otros generados bajo los mismos criterios. Además se debe considerar que estos resultados vendrían a aportar datos al Sistema Nacional de Información de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos (SNIGIRS) del país, apoyando la planificación y monitoreo municipal de la GIRS.

La metodología para estudios de generación y composición es parte un reglamento a la Ley No. 8839¹. Todos los estudios deben cumplir con este reglamento ya que solamente de esta manera se alcanza la calidad y comparabilidad de los resultados entre los diferentes estudios.

¹ A la fecha de la publicación de esta guía de interpretación, la propuesta del decreto se encontraba en consulta pública, por eso no se especifica el número del decreto.

Esta guía pretende ayudar a las municipalidades en la aplicación de dicha metodología, presentando los pasos a seguir y herramientas prácticas para su uso. Se hace una descripción detallada y se presentan ejemplos para que su aplicación sea fácil y de rápida comprensión.

Para la aplicación de la metodología, es necesario contar con personal municipal capacitado en el tema, o buscar apoyo técnico externo a la institución. Eso puede agilizar la realización del estudio y garantiza mayor exactitud en la aplicación de la metodología específica.

2. Objetivo y Ámbito de Aplicación

El objetivo de este documento es “Disponer de una metodología para ejecutar estudios de generación y composición de residuos ordinarios (RO) a nivel municipal en Costa Rica.”

La metodología es aplicable para aquellos RO definidos de acuerdo al artículo 6 de la Ley y provenientes de **viviendas y comercios** que son sujeto de la recolección regular de residuos sólidos bajo la responsabilidad de la municipalidad. Se excluye, entre otros, los siguientes tipos de residuos (según lo indicado en la Ley, su reglamento y el PRESOL):

- residuos de manejo especial,
- residuos peligrosos,
- residuos de construcción,
- residuos de áreas verdes,
- residuos eléctricos y electrónicos,
- residuos de limpieza de vías,
- residuos industriales producidos en grandes volúmenes según lo establecido en la acción estratégica N°16 del PRESOL.

Cabe destacar que algunos de estos residuos se encuentran en pequeñas cantidades en los residuos sólidos ordinarios, por ejemplo residuos especiales como medicamentos, baterías o envases de productos de limpieza. También se pueden encontrar pequeñas cantidades de residuos de jardín, o electrónicos como cables o celulares. Su existencia en pequeñas cantidades en los residuos ordinarios en general no afectará considerablemente los resultados del estudio. Un ejemplo de esta situación fue el estudio realizado en el distrito de Quesada, Cantón de San Carlos, en el cual se encontró en su composición un pequeño porcentaje de residuos peligrosos (0.8% en peso), los cuales fueron residuos de pastillas, recipientes vacíos de productos químicos y baterías entre otros.

También es importante decir que la metodología no contempla estudios de los comportamientos químicos y el valor térmico de los residuos.

Esta guía es una herramienta práctica para el personal municipal que trabaja en la gestión de los residuos sólidos, tanto en departamentos administrativos como operativos, requiriéndose un grupo de trabajo integral.

La aplicación de la metodología genera los siguientes indicadores:

- Generación per cápita por día de residuos ordinarios (kg/hab./día)
- Composición de los residuos ordinarios (% en peso de los componentes de los residuos).

3. Definiciones

Para efecto de este documento, se definen los siguientes conceptos:

Área de estudio: se refiere al cantón sujeto a estudio. Se pretende que el estudio sea representativo de un cantón, por lo que se debe considerar la totalidad de su territorio y no solamente el de la cabecera municipal.

Comercio: se entiende por comercio toda unidad generadora que no sea utilizada exclusivamente como vivienda. Por lo tanto, se incluirá todo lugar que tenga alguna actividad de tipo comercial, educativa, institucional, religiosa o similar.

Composición de los residuos: Básicamente trata de identificar en una base másica o volumétrica los distintos componentes de los residuos. Usualmente los valores de composición de residuos ordinarios se describen en términos de porcentaje en masa, y contenidos como materia orgánica, papel y cartón, plásticos, textiles, metales, vidrios, etc.

Generación de residuos ordinarios: se refiere a la producción de residuos ordinarios, la cual es una variable que depende del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas.

Ley: Se refiere a la Ley para la Gestión Integral de Residuos, Ley N° 8839, publicada en La Gaceta N° 135 del 13 de julio del 2010.

Muestra: Residuos tomados durante el estudio desde una unidad de generación, es decir, en una vivienda o comercio. En caso de más de una recolección regular de residuos por semana, una muestra consiste en la suma de los residuos tomados en varios días de recolección.

Recolección regular de residuos: Recolección de RS generados en las viviendas y los comercios, que son responsabilidad de la municipalidad. Puede ser ejecutada directamente por la municipalidad, por terceros

contratados por la municipalidad, o por una asociación de municipalidades.

Residuos de manejo especial: Residuos que por su composición, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje, formas de uso o valor de recuperación, o por una combinación de esos, implican riesgos significativos a la salud y degradación sistemática de la calidad del ecosistema, por lo que requieren salir de la corriente normal de residuos ordinarios.

Residuos eléctricos y electrónicos: Aquellos residuos que se derivan de aparatos eléctricos y/o electrónicos tanto de uso doméstico como comercial. Se consideran parte de estos residuos los componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte del producto. Los aparatos electrónicos son todos aquellos que utilizan electricidad y se listan en el anexo I del Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos de Costa Rica (Decreto N° 35993-S de La Gaceta N° 86 del 5 de mayo de 2010).

Residuos Sólidos Ordinarios (RSO): Residuos de carácter doméstico generados en viviendas y en cualquier otra fuente, que presentan composiciones similares a los de las viviendas. Se excluyen los residuos de manejo especial o peligroso, regulados en esta Ley y en su Reglamento (definición según la Ley).

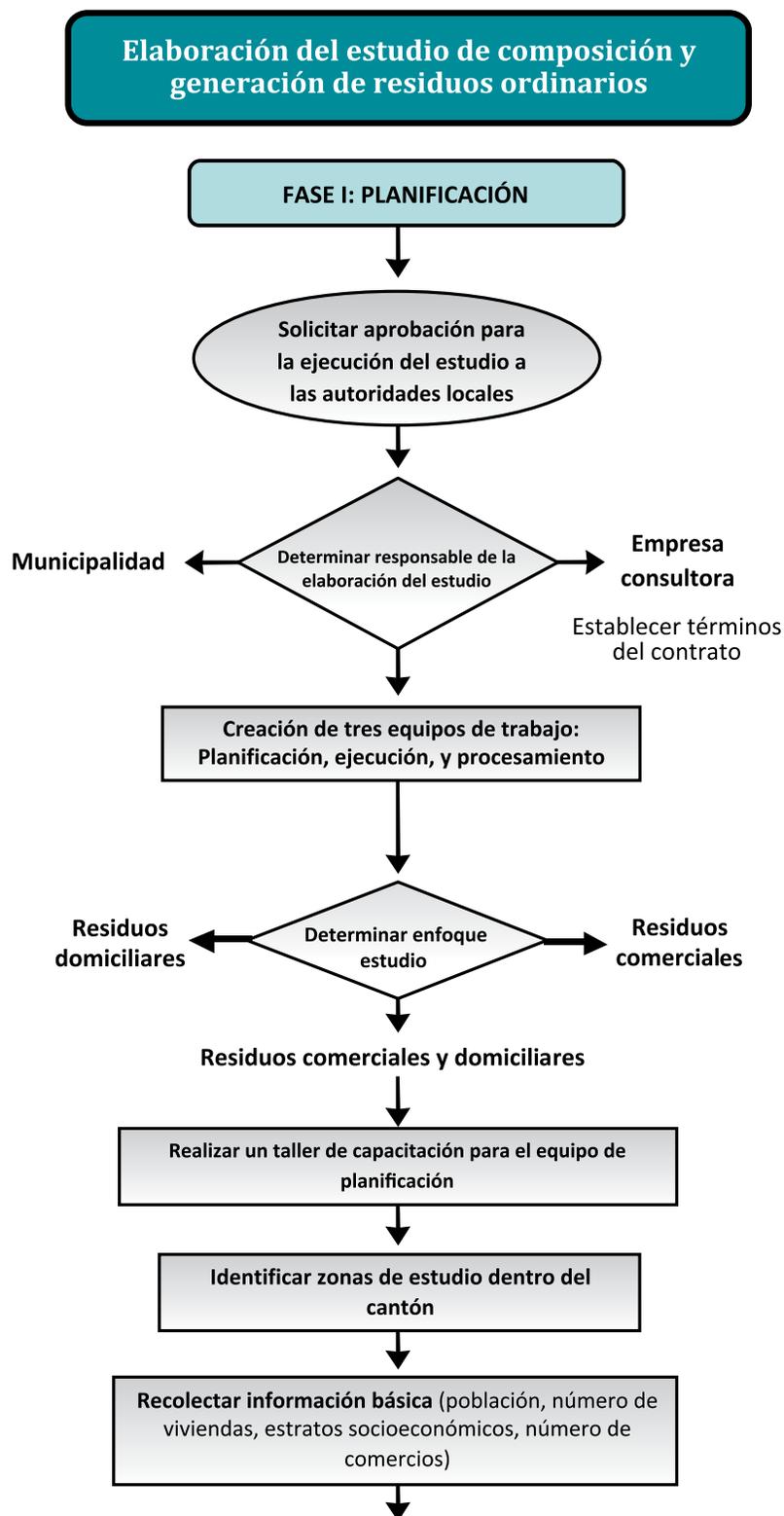
Residuos peligrosos: Residuos que por su reactividad química y sus características tóxicas, explosivas, corrosivas, radioactivas, biológicas, bioinfecciosas e inflamables, o que por su tiempo de exposición puedan causar daños a la salud y al ambiente.

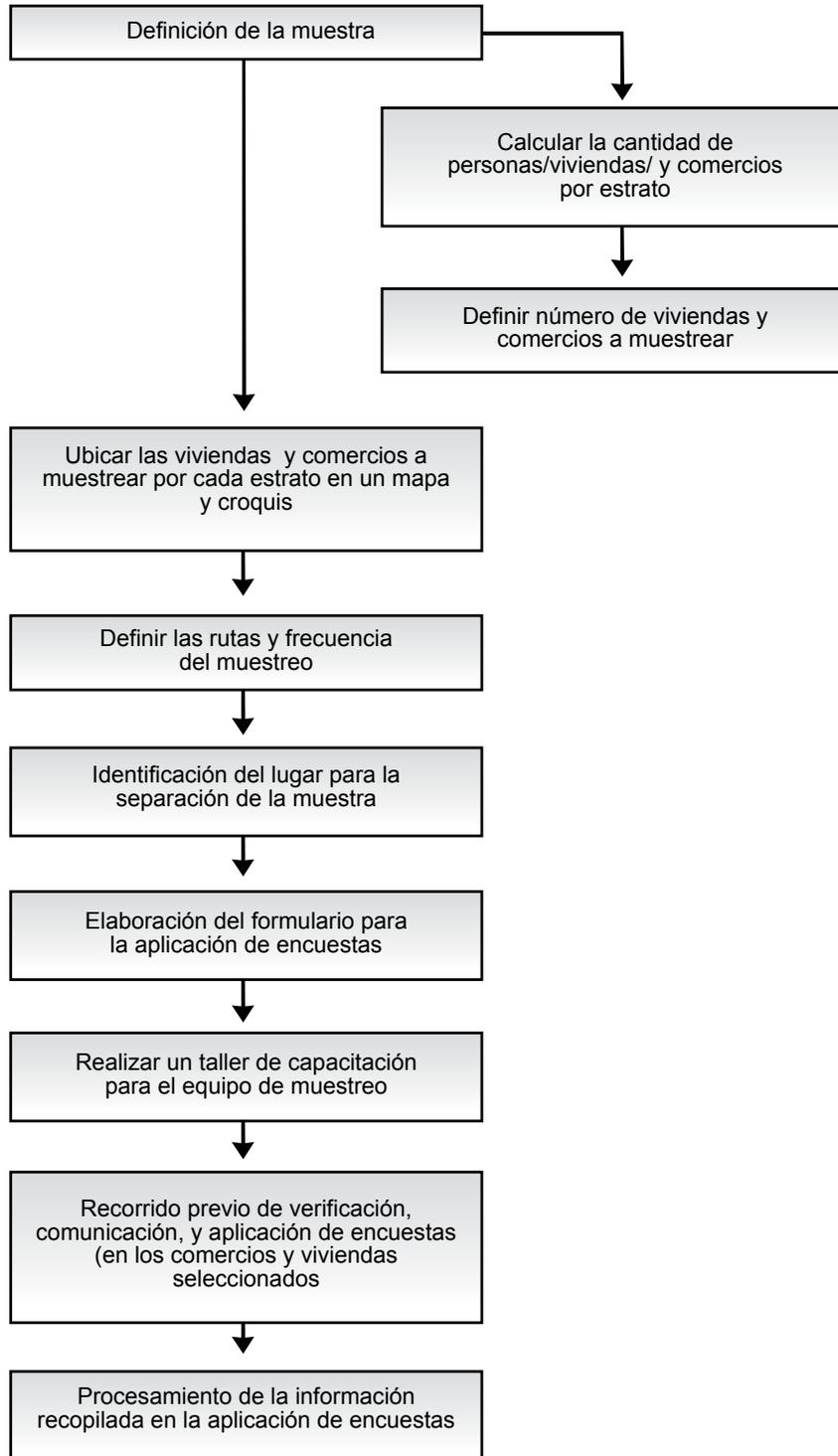
Vivienda: Es todo local o recinto, fijo o móvil, construido, convertido o dispuesto, que se use para fines de alojamiento de personas, en forma permanente o temporal.

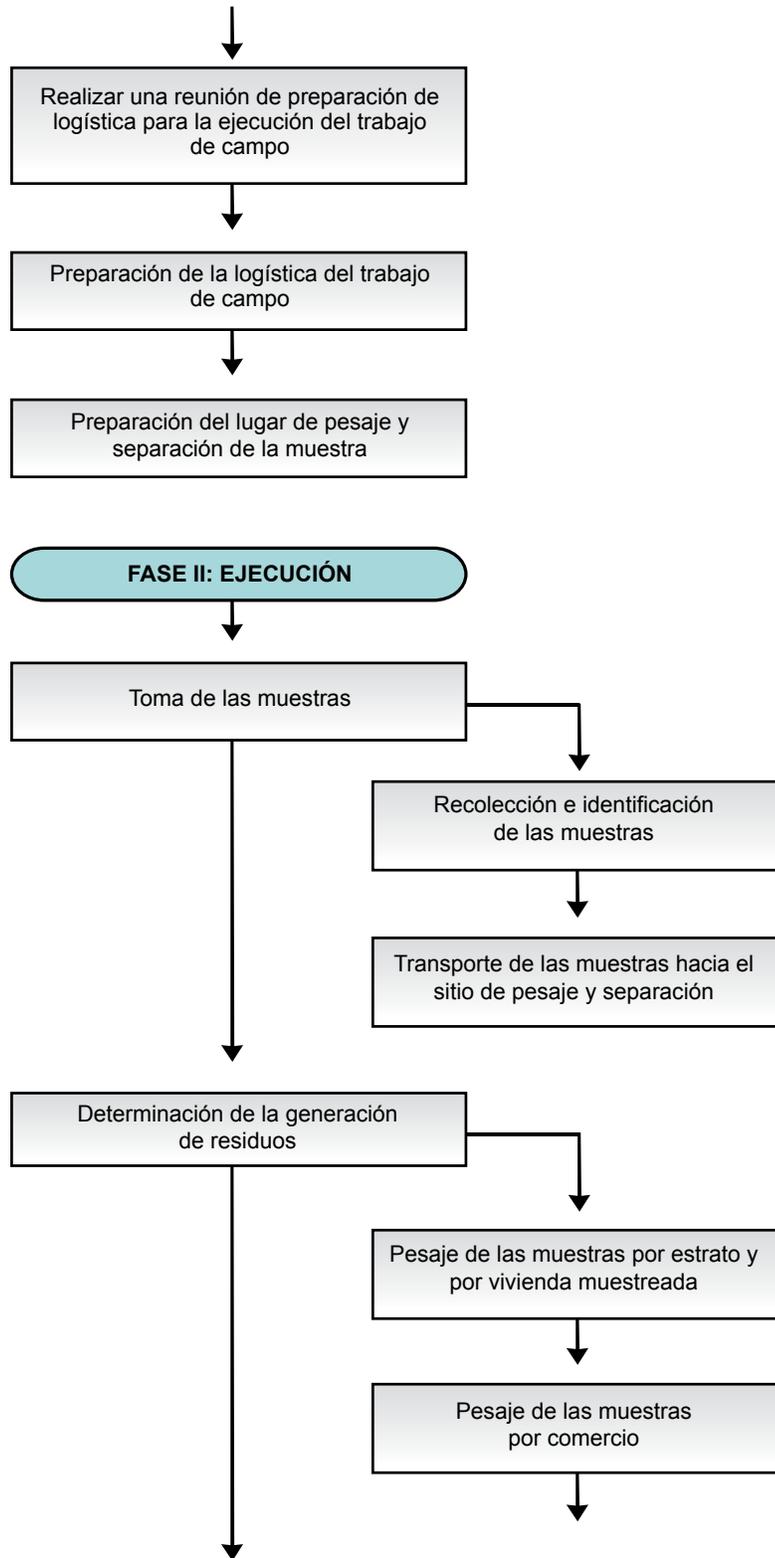
Zonas Verdes: Áreas libres, enzacatadas o arborizadas, de uso público comunal, destinadas a la recreación.

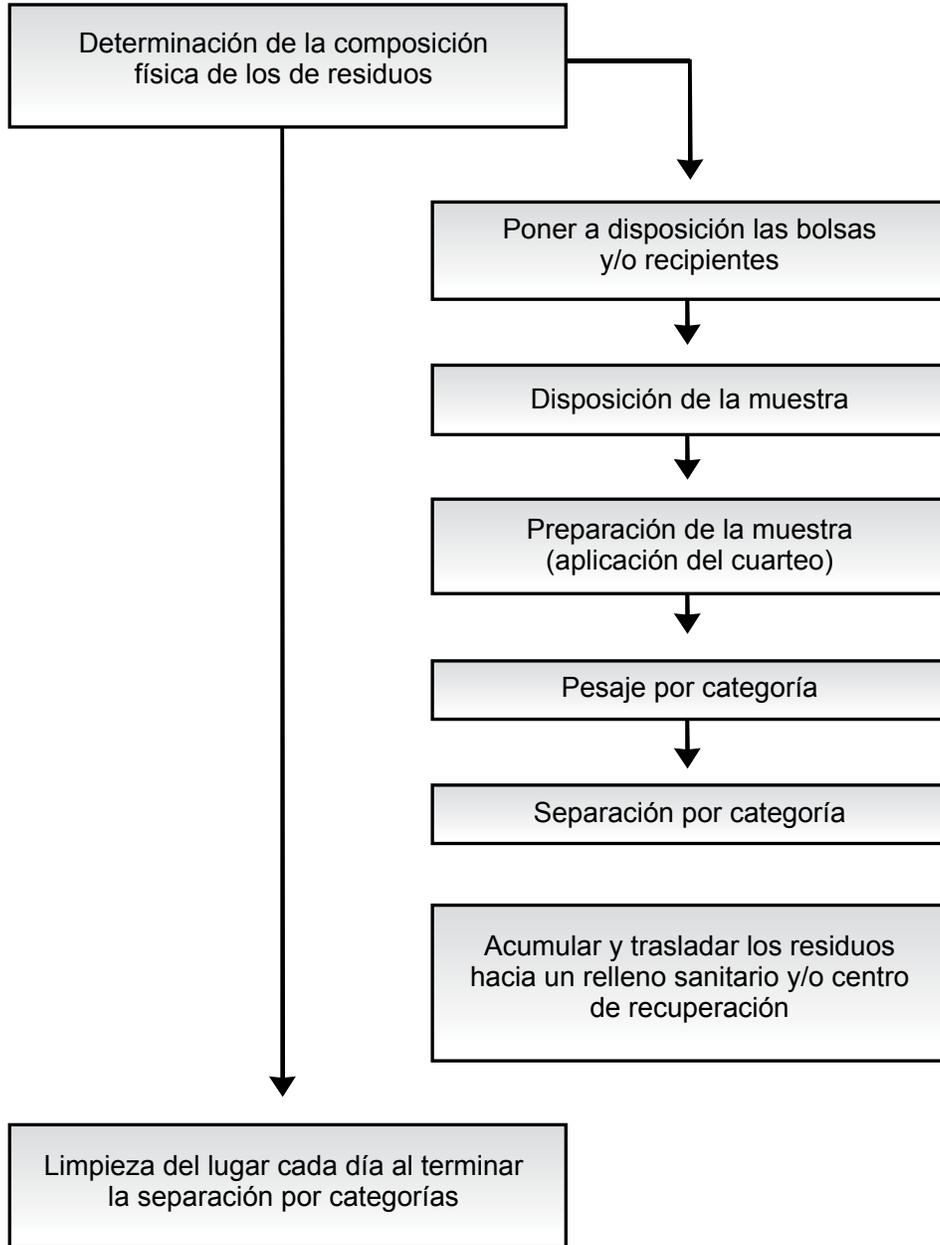
4. Procedimientos

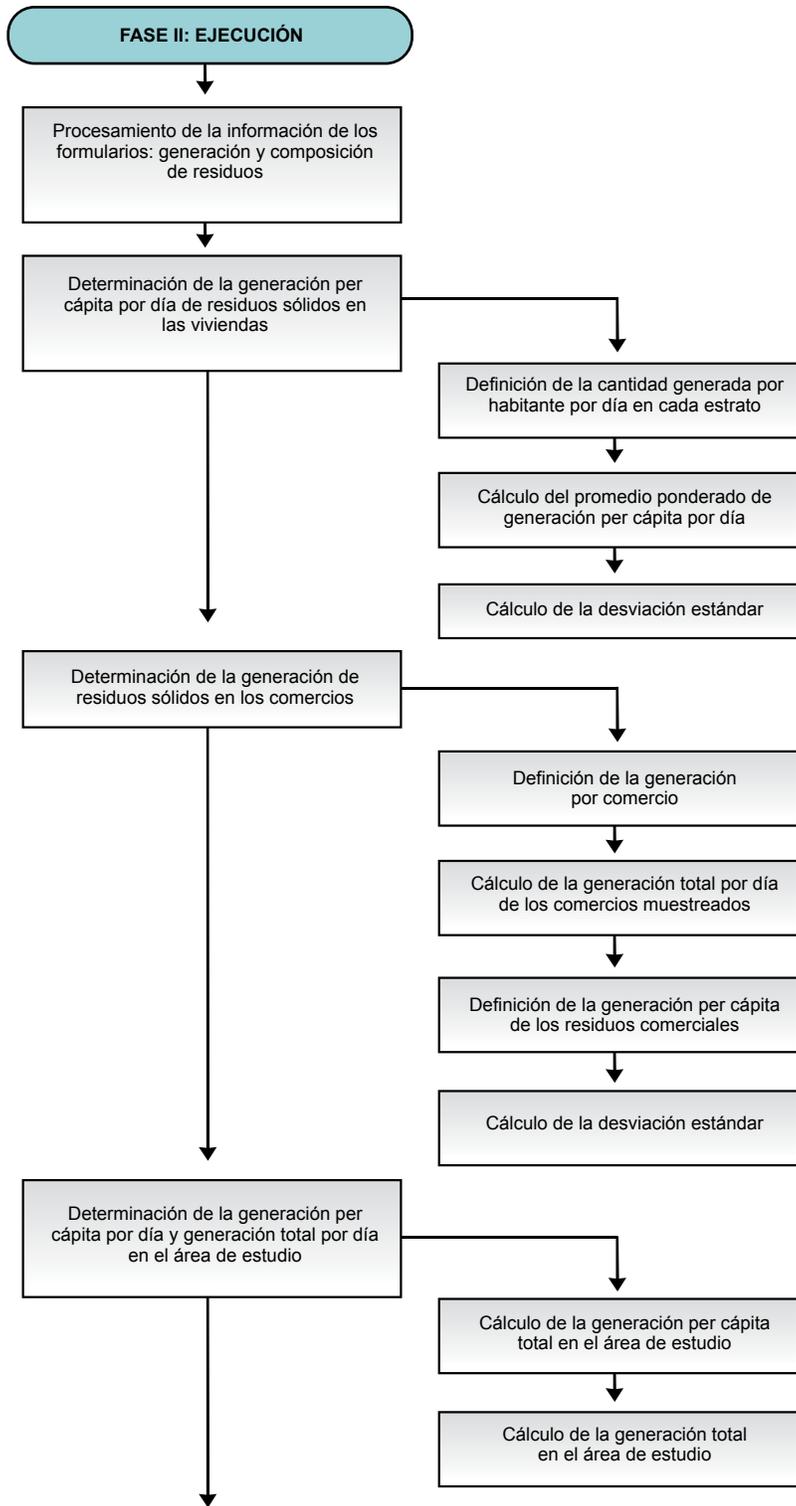
El estudio se basa en 3 fases: planificación, ejecución y procesamiento. Un diagrama de este procedimiento es el que se presenta a continuación:











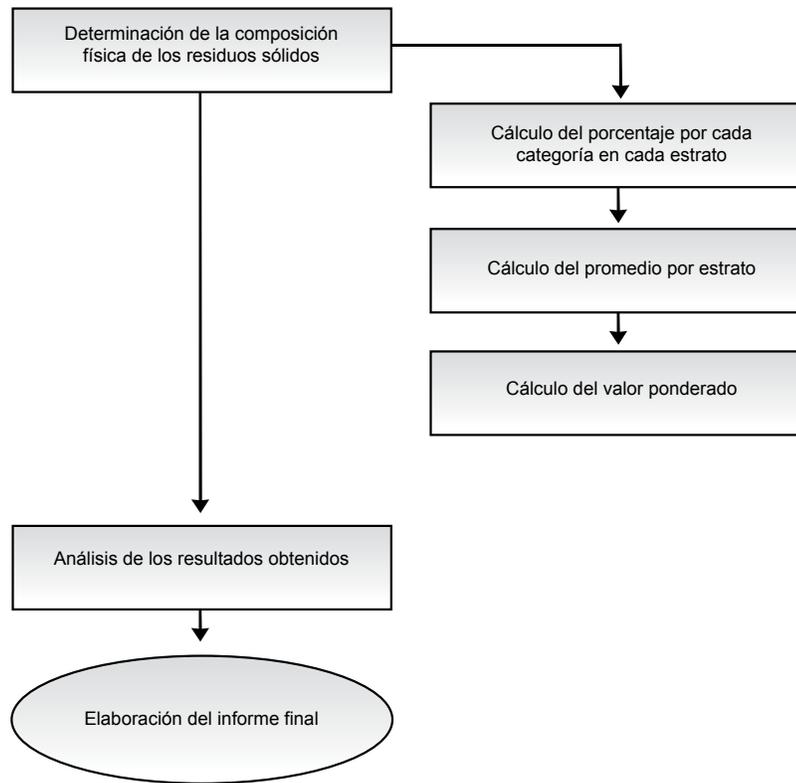


Figura 1: Diagrama del procedimiento para ejecutar estudios de generación y composición de residuos ordinarios

A. Planificación del estudio

El estudio puede ser realizado solamente con personal municipal, por una empresa contratada o una mezcla de los dos. Es importante que los equipos estén capacitados en la aplicación rigida de esta metodología, y de preferencia disponer de experiencias en el sector.

Se debe definir el alcance del estudio, para lo cual se pueden establecer las siguientes opciones sobre lo que incluirá el trabajo:

Solamente la generación y composición de residuos ordinarios provenientes de las viviendas

Solamente la generación y composición de residuos comerciales de carácter ordinario

Realización del estudio en conjunto

Realización del estudio por separado: se realizan ambos enfoques pero en un período diferente

Para obtener resultados más completos, se recomienda realizar el estudio tanto de las viviendas como de los comercios, pero de acuerdo a los recursos que se puedan aportar, se podrían realizar cada uno por separado.

Se recomienda utilizar un cronograma de actividades donde se vayan estableciendo las fechas, recursos y responsables para cada una de ellas. Un ejemplo es el presentado en el Anexo 9, el cual se puede acceder de manera electrónica en la versión digital de esta guía.

Generalmente existe información básica en las diversas fuentes que es necesario tener al iniciar la planificación del estudio; esta información y sus posibles fuentes son las siguientes:

Tabla 1: Información previa básica y sus fuentes para la planificación del estudio

Información del cantón	Fuente
Superficie del área de estudio	Catastro municipal
División administrativa	Catastro municipal
Número de habitantes	INEC, Departamento de Planificación Municipal, EBAS.
Número de viviendas	INEC, Departamento de Planificación Municipal, EBAS.
Número y tipos de comercios	Departamento de Patentes Municipal
Criterios para zonificación (mapas de zonas homogéneas, datos territoriales)	Catastro municipal
Equipo de recolección (camiones abiertos, camiones compactadores)	Servicios públicos municipales
Recolección realizada por la municipalidad o por un subcontrato	Servicios públicos municipales
Rutas y frecuencia de recolección (indicar en un mapa)	Servicios públicos municipales
Porcentaje de cobertura del servicio (si no es el 100%, indicar los lugares donde no se recolecta y comentar la forma en que los RS se disponen en estos lugares)	Servicios públicos municipales
Datos de pesaje de los camiones al entrar al sitio de disposición final	Servicios públicos municipales
Actividades de reciclaje informal ("buzos") o formales (centros de acopio) que no forman parte de la recolección regular	Gestión Ambiental Municipal, Servicios públicos municipales, Centros de acopio comunales.
Existencia de recolección separada (ruta separada, campañas periódicas)	Gestión Ambiental
Actores involucrados en el estudio y sus responsabilidades	Coordinador del proyecto

Una vez definida esta información base, se puede iniciar con la planificación del estudio.

Paso A1: Creación del equipo de trabajo

Se debe crear el equipo de trabajo que aplicará la metodología y capacitarlo; las funciones de cada miembro del equipo se presentan a continuación:

Tabla N°2. Equipo de trabajo

Miembro del equipo	Departamento	Funciones
Líder del proceso	Gestión Ambiental, Servicios Públicos o algún otro departamento que tenga relación con la gestión de los residuos sólidos.	Persona encargada de coordinar el proyecto dentro de la municipalidad
Personal de catastro	Catastro	-Delimitar geográficamente la zona de estudio. -Delimitación de las rutas de recolección de muestras en un croquis y la ubicación de los estratos socioeconómicos
Patentes	Patentes	Información de las patentes activas del cantón, para la consideración de los comercios en la muestra.
Personal encargado de recolección de las muestras	Funcionarios municipales o personal externo contratado para la recolección de las muestras. Uno o varios choferes depende de la cantidad de vehículos.	Toma de las muestras, aplicación del cuarteo y la categorización

Aparte del personal que participa directamente en el proyecto, se debe brindar información al personal involucrado en la recolección regular de residuos municipal (ya sea personal municipal o contratado). El fin es informarles sobre el proyecto y la forma en que se recolectarán las muestras, así como los días de ejecución en campo. Se les debe solicitar su colaboración, pensando especialmente en algún atraso en la ruta de muestreo y que

pudiera cruzarse con la ruta normal (recordar que el muestreo se realiza el mismo día de la recolección regular, pero pasando antes que el camión recolector). En el Anexo 5 se encuentra un formato de carta informativa para la empresa encargada de recolección de residuos.

Más detalles de la capacitación que se le debe brindar a cada grupo se encuentra en el Anexo 1.

Paso A2: Identificación la fecha del muestreo

Un aspecto importante para iniciar el estudio es definir la época del año en que se realizará el trabajo de campo, para lo cual, lo ideal es realizarlo en época seca con el fin de que los residuos no adquieran un peso adicional aportado por el agua de lluvia. Sin embargo se debe tomar en consideración que en Costa Rica la época lluviosa tiene una duración aproximada de nueve meses, lo cual limita la recomendación.

Por lo tanto, si el estudio se realiza en época lluviosa, se deben tener cuidados especiales como tratar de no exponer por largo tiempo las bolsas a la lluvia, lo cual se puede lograr realizando directamente la solicitud a la población muestreada para que esta situación no se presente y no afecte significativamente los pesos de las muestras.

Tampoco se recomienda realizarlo en medio de épocas especiales como navidad, inicio del ciclo escolar, vacaciones y Semana Santa, ya que por lo general aumenta el consumo y por lo tanto, se generan más residuos en las viviendas y comercios.

Paso A3: Identificación del área del estudio y de los estratos socioeconómicos

En este paso se identifica en el área del estudio la ubicación de los estratos con las siguientes características:

- Estrato Alto (EA): Zona urbana-residencial con viviendas de estrato socioeconómico alto,
- Estrato Medio (EM): Zona urbana-residencial con viviendas de estrato socioeconómico medio,
- Estrato Bajo (EB): Zona urbana-residencial con viviendas de estrato socioeconómico bajo o marginal,
- Estrato Rural (ER): Zona rural con viviendas,
- Estrato Comercial (EC): Zona comercial compuesta por todos los comercios en el cantón

En el mapa del área de estudio se indican las zonas donde viven personas de los estratos alto, medio, bajo y rural. Los comercios, generalmente se encuentran dispersos por toda el área de estudio. En algunas ocasiones se encuentra un área comercial centralizada en algún punto del cantón.

Cada municipalidad puede definir la forma de estratificar su área de estudio de acuerdo a la información disponible en los registros municipales o de otras instituciones. Debe considerar los estratos indicados anteriormente (con excepción del estrato rural que puede no encontrarse en algunos cantones).

Algunos ejemplos de métodos de estratificación se presentan a continuación:

- Estratificación por mapas de valores de terrenos por zonas homogéneas:
- Este método se toma a partir de la información de los mapas de valores de terrenos por zonas homogéneas elaborados por el Órgano de Normalización Técnica de la Dirección General de Tributación Directa del Ministerio de Hacienda para cada uno de los cantones del país².
- Datos existentes en la municipalidad sobre el valor de las terrenos:

Si el departamento de catastro o cobro del impuesto territorial tiene el valor de las tierras actualizado, podría ser un criterio para zonificar, utilizando un criterio similar al de las zonas homogéneas presentadas anteriormente.

- Segmentos censales del INEC:
El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) cuenta con los segmentos censales que se obtienen a partir de los censos nacionales llevados a cabo cada 10 años. Estos segmentos indican la zona socioeconómica a la que pertenecen. Para su utilización, se debe tener la consideración que el método estadístico a usar para calcular el número de muestras debe

² Esta información se puede encontrar en la página web de la Dirección General de Tributación Directa <http://dgt.hacienda.go.cr/valoraciones/Normativavaloraciontribadmin/Parametrosdevaloracion/Paginas/Reglasparaelimpuestosolidario.aspx>

ser un “muestreo complejo sistemático”, y no uno “simple sistemático” que es el que se explica en este documento.

- Criterio de estratificación de la ARESEP:
Según un estudio realizado por la ARESEP y presentado en el 2008, se define que los hogares costarricenses pueden agruparse en tres bloques, según su nivel de ingresos relacionado con el consumo eléctrico. La distribución porcentual propuesta en este estudio es la siguiente: estrato bajo - 60%, estrato medio - 25% y estrato alto - 15%. Se recomienda verificar que esta propuesta sea válida para el cantón en el que se vaya a trabajar, ya que no necesariamente se ajusta a la realidad individual de todos los cantones del país.

Paso A4: Identificación de las zonas de muestreo en un mapa

Se recomienda indicar las zonas de muestreo de viviendas y comercios en el mismo mapa, con el fin de mantener toda la información relevante en una sola representación gráfica.

Si fuera posible, se recomienda ubicar en el mismo mapa, las rutas de recolección de residuos que regularmente utiliza la municipalidad, de manera que los ejecutores del proyecto tengan claramente establecidos los lugares por donde los camiones recolectores pasan y por lo tanto, donde las personas acostumbran sacar sus residuos a la acera.

En el Anexo 2 se presenta un ejemplo de un mapa, el cual fue proporcionado por la Municipalidad de San Carlos para el muestreo realizado en el Distrito Quesada.

A continuación se presenta por separado el proceso de definición y selección de muestra tanto para viviendas como para comercios, de acuerdo a los criterios estadísticos establecidos en el reglamento.

Para las viviendas:

Paso A5: Estimación del número de viviendas en el área del estudio y en cada uno de los estratos.

Se estima el número total de las viviendas en el área de estudio (N_{viv}) y el número de viviendas de los estratos alto, medio, bajo y rural (NEA, NEM, NEB, NER,) respectivamente.

Si alguno de los estratos socioeconómicos establecidos para las viviendas no cumple con el 5% de la cantidad total de viviendas del área de estudio, es posible no incluir este estrato y documentar que no es significativo en el contexto del estudio, ya que es imposible obtener una exactitud de 100%. Otra opción es tomar una muestra mínima de 20 muestras para ese estrato con el fin de contar con un número de muestras representativas para el estudio.

Con los números de viviendas en cada estrato, se calculan los porcentajes de viviendas por estrato. Esto se obtiene dividiendo el número de viviendas de cada estrato entre el número total de viviendas de la siguiente manera:

$$\%_{EA} = \frac{N_{EA}}{N_{viv}} * 100 \quad \%_{EB} = \frac{N_{EB}}{N_{viv}} * 100$$

$$\%_{EM} = \frac{N_{EM}}{N_{viv}} * 100 \quad \%_{ER} = \frac{N_{ER}}{N_{viv}} * 100$$

Donde:

N_{viv} = número total de las viviendas en el área de estudio

N_{EA} = número de viviendas del estrato alto

N_{EM} = número de viviendas del estrato medio

N_{EB} = número de viviendas del estrato bajo

N_{ER} = número de viviendas del estrato rural

$\%_{EA}$ = porcentaje de viviendas correspondiente al estrato alto

$\%_{EM}$ = porcentaje de viviendas correspondiente al estrato medio

$\%_{EB}$ = porcentaje de viviendas correspondiente al estrato bajo

$\%_{ER}$ = porcentaje de viviendas correspondiente al estrato rural

En la herramienta de Excel en el CD adjunto se calculan estos porcentajes con los datos correspondientes al número de viviendas automáticamente.

Para ejemplificar este paso, se presentan los siguientes datos:

Tabla 3: Ejemplo para obtención del porcentaje correspondiente a cada estrato

Viviendas en área de estudio		N _{viv} = 9.818
Número de viviendas en el estrato:		Porcentaje correspondiente a cada estrato
Alto	N _{EA} = 1.178	% _{EA} = (1.178/9.818)*100 = 12%
Medio	N _{EM} = 3.927	% _{EM} = (3.927/9.818)*100 = 40%
Bajo	N _{EB} = 4.221	% _{EB} = (4.221/9.818)*100 = 43%
Rural	N _{ER} = 491	% _{ER} = (491/9818)*100 = 5%

Estos datos serán utilizados posteriormente para la distribución de la muestra entre los estratos en el Paso A6.

Paso A6: Determinación del número de viviendas de la muestra

Para estimar el número total de las viviendas en el área de estudio (N_{viv}) se adiciona como mínimo un 25% de unidades para compensar ante posible “no-respuesta” (se considera cuando no quisieron dar información en la encuesta, no sacaron los residuos durante la semana del muestreo, etc). Se aplicará la siguiente fórmula:

$$n_{viv} = \left(\frac{Z^2 * N_{viv} * \delta^2}{(N_{viv} - 1) * E^2 + (Z^2 * \delta^2)} \right) * 1.25$$

donde:

- n_{viv} = número de viviendas que incluirá la muestra
- N_{viv} = número de viviendas en el área de estudio
- Z = coeficiente de confianza al 95% = 1,96
- δ = desviación estándar = 0,3 kg/hab./día.
- E = error permisible = 0,05 kg/hab./día.

Los valores anteriores son referencias de estudios anteriores realizados tanto en el país como fuera de este. De ser requerido por cada municipalidad, se pueden aplicar exigencias estadísticas mayores, sin embargo, no es aceptable hacerlo con criterios menos exigentes a los presentados en el reglamento (error permisible y nivel de confianza).

La desviación estándar que se determine para el estudio, servirá de base para replicar el cálculo de tamaño de muestra en estudios posteriores o inclusive en otra municipalidad con características similares.

Tomando el mismo ejemplo del paso anterior (donde el número de viviendas del área de estudio es de 9.818), se procederá a definir el tamaño de muestra para el número de casas del área de estudio propuesto.

$$n_{viv} = \left(\frac{Z^2 * N_{viv} * \delta^2}{(N_{viv} - 1) * E^2 + (Z^2 * \delta^2)} \right) * 1,25 = \left(\frac{(1,96)^2 * 9.818 * (0,3)^2}{(9.818 - 1) * (0,05)^2 + (1,96^2 * 0,3^2)} \right) * 1,25$$

$n_{viv} = 170$ viviendas incluidas en la muestra

La siguiente Tabla muestra el tamaño de muestra calculado de acuerdo a diferentes números de viviendas que podría tener el área de estudio, de acuerdo a los criterios estadísticos establecidos junto con la fórmula.

Tabla 4: Crecimiento del número de viviendas en la muestra conforme varía la cantidad de viviendas en el área de estudio

Número de viviendas en el área de estudio	Número de viviendas en la muestra
1.000	152
3.000	165
5.000	168
7.000	169
10.000	170
15.000	171
20.000	172
25.000	172
30.000	172

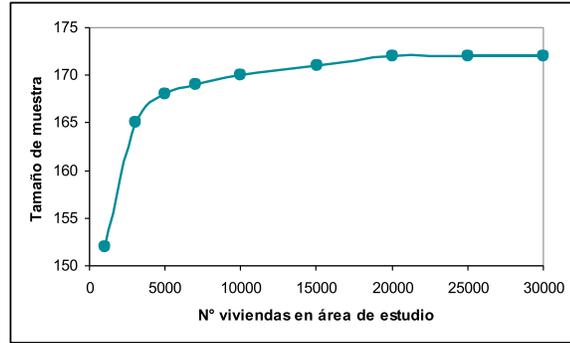


Figura 2: Representación gráfica de la variación del número de muestra en relación a la cantidad de viviendas en el área de estudio

Paso A7: Cálculo del número de muestras en cada estrato

Se multiplica el número de viviendas que incluirá la muestra (n_{viv}) por el porcentaje de viviendas correspondiente a cada uno de los estratos establecidos (%Ex). De esta manera se obtiene el número de muestras de las viviendas a tomar en los estratos alto, medio, bajo y rural.

$$n_{EA} = n_{viv} * \%_{EA} \qquad n_{EB} = n_{viv} * \%_{EB}$$

$$n_{EM} = n_{viv} * \%_{EM} \qquad n_{ER} = n_{viv} * \%_{ER}$$

donde:

n_{viv} = número de viviendas que incluirá la muestra

n_{EA} = número de viviendas que incluirá la muestra en el estrato alto

n_{EM} = número de viviendas que incluirá la muestra en el estrato medio

Una representación gráfica como la presentada en la figura 2, ayuda a visualizar la poca variación existente, ya que conforme el número de viviendas crece, el número de muestras no sufre variación significativa y tiende a ser constante luego de las 20.000 viviendas:

n_{EB} = número de viviendas que incluirá la muestra en el estrato bajo

$\%_{EA}$ = porcentaje de viviendas correspondiente al estrato alto

$\%_{EM}$ = porcentaje de viviendas correspondiente al estrato medio

$\%_{EB}$ = porcentaje de viviendas correspondiente al estrato bajo

$\%_{ER}$ = porcentaje de viviendas correspondiente al estrato rural

Siguiendo con el ejemplo planteado anteriormente, se obtendría la siguiente cantidad de viviendas a muestrear en cada uno de los estratos establecidos:

Tabla 5: Ejemplo de la distribución de la muestra por estrato

Número de viviendas a muestrear en cada estrato (considerando un $n_{viv} = 170$):		
Alto	$\%_{EA} = 12\%$	$n_{EA} = (170 * 12\%) = 20$
Medio	$\%_{EM} = 40\%$	$n_{EM} = (170 * 40\%) = 68$
Bajo	$\%_{EB} = 43\%$	$n_{EB} = (170 * 43\%) = 73$
Rural	$\%_{ER} = 5\%$	$n_{ER} = (170 * 5\%) = 9$

El número mínimo de viviendas a muestrear debe ser 20, aun cuando la fórmula indique un número menor.

Paso A8: Selección de las viviendas de la muestra

Para la selección de las viviendas a incluir en el muestreo, se siguen los siguientes pasos:

- Elegir los lugares que serán representativos de cada estrato. Esto significa que no es necesario que las muestras se tomen en la totalidad del Cantón, sino en lugares que sean una buena representación de cada uno de los estratos socioeconómicos

establecidos, de manera que ayude a facilitar la logística de recolección de las muestras. Se debe tratar de abarcar la mayor cantidad de distritos del cantón.

- Dividir el mapa del área de estudio en croquis de mayor escala, de acuerdo a los diferentes lugares elegidos para representar a cada uno de los estratos, de manera que sea posible visualizar los lotes o parcelas donde se ubica cada vivienda.
- En el croquis del estrato correspondiente, se ubica la primera vivienda del muestreo y a partir de ella se cuenta un número de viviendas que no sea mayor a 10 para ubicar la siguiente. La idea es que la muestra se distribuya entre las viviendas del sector seleccionado.
- Asignar un código de identificación a cada una de las viviendas seleccionadas (puede ser alfa-numéricos o de la manera que pueda ser fácilmente comprensible por las personas que ejecutan el proyecto).
- La ruta a seguir para elegir las viviendas de la muestra, es la ruta de recolección regular de residuos ordinarios que realiza la municipalidad.

Si alguna de las muestras seleccionadas mediante este método no se ajusta a los criterios de selección (por ejemplo, es un comercio o un lote vacío y no una vivienda, o la vivienda está inhabitada), entonces el método puede ser flexibilizado, permitiendo tomar la vivienda más cercana a la inicialmente seleccionada, sin que esto altere la selección de las otras muestras (no es necesario ajustar el resto de las muestras si se requiere cambiar por alguna de las causas mencionadas anteriormente). Este método permite cierta flexibilidad de manera que la logística de recolección no se extremadamente compleja.

Un ejemplo de cómo se podría preparar un croquis se presenta a continuación:



Figura 3: Imagen ilustrativa de la ubicación de puntos de muestreo en el croquis para el distrito Quesada.

Fuente: Departamento de Catastro Municipal y Departamento de Gestión Ambiental, Municipalidad de San Carlos.

Para usar esta metodología, se debe tener muy claro la delimitación de cada uno de los estratos. La ruta de recolección de residuos normalmente puede pasar por varios estratos en un mismo día, por lo que se debe tener el cuidado de no mezclar muestreos de los diferentes estratos.

Como se explicó anteriormente, si un estrato se encuentra distribuido en diferentes sectores geográficos del cantón (como se observa en el mapa del Anexo 2), es posible seleccionar algunos de estos sectores que sean representativos de cada uno de los estratos (preferiblemente en diferentes distritos del cantón), para ubicar las muestras, con el propósito de optimizar la logística de recolección de las muestras.

Para los comercios:

Algunos de los pasos para la planificación del muestreo en comercios se pueden realizar de manera paralela al de las viviendas.

Si el número de muestras totales (viviendas y comercios) es tan grande que dificulta la logística de recolección, principalmente por

los recursos que pueda aportar cada municipalidad para el estudio, es posible realizar el muestreo de comercios en una semana diferente pero cercana al muestreo en las viviendas.

Paso A9: Determinación del número de muestras para el estrato de los comercios

Para estimar el número total de los comercios en el área de estudio (N_{com}) se adiciona como mínimo un 25% de unidades para compensar ante posible "no-respuesta". Se aplicará la siguiente fórmula:

$$n_{com} = \left(\frac{Z^2 * N_{com} * \delta^2}{(N_{com} - 1) * E^2 + (Z^2 * \delta^2)} \right) * 1.25$$

donde:

n_{com} = número de comercios que incluirá la muestra

N_{com} = número de comercios en el área de estudio
 Z = coeficiente de confianza al 95% = 1,96
 δ = desviación estándar = 0,5 kg/hab./día.
 E = error permisible = 0,15 kg/hab./día

Al igual como se explicó en el paso A5., los valores tomados para los criterios estadísticos son datos de estudios realizados dentro y fuera del país. Se recomienda utilizar como mínimo la exigencia

estadística establecida en esta metodología, sin embargo, es posible utilizar valores que exijan mayor rigidez estadística.

Tomando como ejemplo un cantón que cuenta con 1.945 comercios, se procederá a calcular el tamaño de muestra para el número de comercios del área del estrato comercial del estudio propuesto.

$$n_{com} = \left(\frac{Z^2 * N_{com} * \delta^2}{(N_{com} - 1) * E^2 + (Z^2 * \delta^2)} \right) * 1,25 = \left(\frac{(1,96)^2 * 1.945 * (0,5)^2}{(1.945 - 1) * (0,15)^2 + (1,96^2 * 0,5^2)} \right) * 1,25$$

$n_{com} = 52$ comercios incluidos en la muestra

De acuerdo con la aplicación de la fórmula se debe muestrear un total de 52 comercios.

Paso A10: Distribución de la muestra comercial

Para distribuir la muestra de los comercios en los diferentes estratos (ya que se considera que existen comercios distribuidos por todo el cantón), y tomando en cuenta que generalmente existe una zona comercial muy concentrada (por ejemplo en el centro del cantón), debe darse prioridad a este lugar sin dejar de lado los comercios ubicados en los diferentes barrios de los estratos definidos. Al igual que para las viviendas, se puede usar el modo de selección explicado en el paso A7. Nuevamente, se colocan las muestras seleccionadas para comercios en los respectivos croquis, haciendo que coincidan con las rutas de recolección ya establecidas.

Los comercios también se pueden clasificar en categorías de acuerdo a sus características, con el fin de obtener un dato que permita establecer diferencias por tipo de actividad comercial, sin embargo representa una gran cantidad de trabajo adicional, por lo que se recomienda dejar esta etapa de categorización para un segundo estudio. Si la municipalidad aún así quisiera realizarlo de

esta manera, se podrían dividir en:

- Talleres (mecánico, ebanistería, pintura, etc.)
- Servicios (salón de belleza, bancos, lavanderías, parqueos, bodega)
- Comidas y bebidas (restaurantes, sodas, comidas rápidas, bar, panadería)
- Abarrotes (pulpería, mini super, supermercado, carnicería, pescadería)
- Hospedaje (albergue, hotel)
- Salud (hospital, consultorio médico, clínica dental, farmacia, veterinarias)
- Educación (guardería, escuela, instituto, academias)
- Producción y Distribución
- Comercio general (boutique, librería, floristería, joyería, celulares, pañalera)
- Ferreterías y similares (centro de pinturas, cerrajería, ferretería, maderas)
- Vehículos (repuestos, venta de nuevos y usados, auto lavado, llantas)
- Centros de entretenimiento (Internet Café, gimnasio, cine, billar, boliche, video)

- Oficinas de gobierno (no es comercial, sino institucional, pero se puede incluir en la muestra)

Se debe tener en consideración que un comercio es candidato a ser parte de la muestra, siempre y cuando sea la municipalidad quien se encargue de recolectar sus residuos.

Con los croquis elaborados con la ubicación de cada uno de los sitios de muestreo (viviendas y comercios), se deben realizar recorridos de verificación con el fin de ubicar en el campo las casas y comercios seleccionados en los croquis. Este recorrido tiene la finalidad de verificar que cada una de las unidades a muestrear exista y continúe cumpliendo el fin correspondiente. Si durante esta verificación en campo se encuentra que alguna vivienda o comercio ya no existe o ha cambiado su fin principal (por ejemplo, una vivienda se ha convertido en un comercio, una bodega, una iglesia, etc.), es posible cambiarlo por la vivienda o comercio más

cercano con el fin de no alterar la ruta de recolección de toma de muestras trazada y no complicar la logística de recolección.

Paso A11: Definición de la frecuencia del muestreo

En este paso se define el número de veces que se muestrearán en cada vivienda o comercio identificado durante la semana que tarda el estudio. Esto se encuentra ligado a las rutas de recolección regular y a cuántas veces por semana pasan por un mismo sector. De esta manera, si la recolección municipal pasa dos veces por semana por un mismo sector, el número de veces a muestrear en una misma vivienda o comercio es dos, y con esto se tiene la generación de una semana completa del lugar a muestrear. Un ejemplo de la frecuencia de recolección se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 6: Ejemplo de planificación de acuerdo a la frecuencia de recolección

Barrio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Número de veces que se tomará la muestra en una semana
Santa Marta								2
Los Violines								2
Casa Luisa								2
San Antonio								2
Los Rodríguez								2
San Felipe								2
Santa Ana								2
Centro								4

Es importante hacer énfasis en que el estudio debe abarcar una semana, con el fin de no tener variaciones por el día de recolección o su frecuencia. Además, el estudio completo se debe realizar en la misma semana para poder comparar los resultados entre sí.

Paso A12: Preparación de formulario documentación

Se recomienda, para facilitar el proceso de la ejecución del estudio, preparar un formulario para documentar la información y observaciones relevantes para cada una de las unidades a muestrear. Se debe elaborar uno para viviendas y otro para comercios. La información que se recomienda recopilar con estos formularios es la siguiente:

Para viviendas:

- código de identificación de la vivienda
- nombre del entrevistado
- dirección exacta (número de casas o señas para identificarla)
- número de habitantes de la vivienda
- número de veces que recibe el servicio de recolección municipal por semana y número de veces por semana que saca los residuos (lo ideal para el estudio es que saque los residuos la misma cantidad de veces que pasa la recolección municipal)
- Hábitos de separación para reciclaje o reutilización, enterramiento de residuos orgánicos o compostaje en su propiedad. Esta información es importante para la posterior interpretación de los resultados, principalmente de la caracterización de los residuos, ya que no son recolectados por la municipalidad pero que son generados en las viviendas y comercios.
- lugar donde los habitantes colocan los residuos para su recolección por parte de la municipalidad (acera frente a la vivienda, canasta, en depósito común para varios vecinos, en la acera mezclada con los de otros vecinos). Permite conocer si los residuos de esa vivienda o comercio se podrían confundir con otros que no son parte de la muestra, y de esa manera, solicitar que se coloquen por separado para asegurar la fiabilidad de la muestra.

Para comercios:

- código de identificación del comercio
- nombre del comercio
- tipo de comercio
- nombre del entrevistado
- dirección exacta (número de local o señas para identificarlo)
- número de veces que recibe recolección municipal y número de veces por semana que saca los residuos (lo ideal para el estudio es que saque los residuos la misma cantidad de veces que pasa la recolección municipal)
- hábitos de separación para reutilización o reciclaje
- lugar donde coloca el comercio los residuos para su recolección por parte de la municipalidad (acera frente al local, canasta, en depósito común para varios comercios, en la acera mezclada con los de otros comercios, etc.)

En el Anexo 3 se encuentra un ejemplo de formularios para viviendas y comercios, los cuales pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades de información de cada estudio. Sin embargo se recomienda realizar un formulario corto y conciso para que la recolección de la información se realice de la manera más rápida posible.

Paso A13: Visita para recolección de información de las viviendas y comercios

Previo al estudio de campo, se visitan las viviendas y comercios que forman parte de la muestra con la finalidad de informar sobre el objetivo e importancia del estudio y registrar la información relevante contenida en los cuestionarios elaborados previamente (paso A11). Se recomienda entregar una boleta informativa a los vecinos que conforman la muestra, pero es importante no indicarles los días exactos del estudio con el fin de no alterar sus costumbres de generación y disposición de residuos. Un ejemplo del comunicado se encuentra en el Anexo 4.

Se debe solicitar que en las próximas semanas coloquen las bolsas o recipientes para residuos en la acera de su vivienda de manera que no se mezcle o confunda con los residuos de otros vecinos.

Para este trabajo, las personas encargadas de las encuestas deben ir identificadas con un carnet de la municipalidad ubicado en un lugar visible. Los encuestadores pueden ser personal municipal, estudiantes universitarios, encuestadores contratados, etc. Sin embargo, estos deben estar capacitados a responder cual es el propósito del estudio y cualquier otra consulta de los encuestados.

Si los recursos limitan el estudio, es posible unir la visita de verificación descrita entre los pasos A9 y A10, con la aplicación de las encuestas, tomando en consideración que no se podría determinar previamente si las casas o comercios seleccionados existen,

continúan cumpliendo con el fin establecido o están desocupados.

Cada encuestador debe identificar las viviendas y comercios elegidos para la muestra mediante una calcomanía con el código de identificación de cada unidad a muestrear (con previa autorización del dueño y posterior a la realización de la encuesta; si el dueño no permite colocar la calcomanía, esta vivienda o comercio se elimina de la muestra y se toma el comercio o vivienda más cercana, indicándolo el cambio en el croquis). El código que se coloque en la calcomanía debe ser visible desde la calle. Este código de identificación debe colocarse en el formulario donde se recolectó la información de la respectiva vivienda o comercio (como se estableció en el paso A11). Un ejemplo de una calcomanía de identificación es la que se presenta en la Figura 4.



Figura 4: Calcomanías utilizada para identificar las unidades a muestrear.

Fuentes: Municipalidades de San Carlos y de Alajuela

Los encuestadores deben disponer de los siguientes materiales:

- Croquis con la ruta y viviendas identificadas
- Formularios para la encuesta
- Marcadores permanentes
- Calcomanías para colocar en la vivienda
- Carnet de identificación
- Portapapeles con sujetador para el formulario
- Dos lapiceros
- Ropa y zapatos cómodos
- Boletas informativas
- Medio de comunicación (Radio o celular)
- Número de teléfono de la persona a cargo del estudio
- Opcional: bebidas, alimentos, mochila

Para verificar que se cuenta con todos los recursos necesarios para la aplicación de las encuestas, utilizar la lista de verificación de recursos que se encuentra en el Anexo 6.

El Anexo 7 presenta un matriz para la estimación de los costos del estudio, la cual puede ser útil para calcular cuánto es lo que se necesita en términos de recursos materiales y humanos.

Paso A14: Preparación de la logística del estudio de campo

Se debe preparar la logística necesaria para el muestreo, considerando los siguientes recursos:

- Definición del equipo de ejecución, personal para recolección de información previa, encargados de la toma de las muestras, clasificación de los residuos, pesaje, manejo de vehículos y seguridad (cuándo los lugares de toma de muestra así lo requieran)
- formularios para encuestas y para recolección de información en campo
- croquis con los puntos de muestreo marcados según la ruta a seguir
- vacunación para el personal que estará en contacto con

residuos (hepatitis A y B, tétano, etc.)

- vehículos para los muestreos (preferiblemente con rótulo de la municipalidad, no compactadores)
- equipo de protección personal (guantes, botas de hule, tapa bocas, lentes de seguridad, etc.)
- marcadores y material adhesivo para marcar las muestras
- calcomanías para identificar las unidades a muestrear
- balanza de pie o plataforma (también se pueden utilizar las de gancho pero tienen la restricción que solo se pueden pesar bolsas)
- equipo para realizar la separación de las muestras (palas, cuchillas, escobas, tijeras de jardín o machete, rastrillos, ganchos, bolsas plásticas)
- Martillo y Paño (para quebrar el vidrio de ser necesario)

Especificaciones más precisas del equipo de protección personal se detallan en el Anexo 8.

Paso A15: Preparación del lugar de separación de la muestra

Se debe definir y preparar el lugar donde se realizará el pesaje y la separación de los residuos.

El sitio debe contar con las siguientes características:

- Sitio techado y con piso fácil de limpiar o cubierto con plástico
- Lugar plano
- Acceso garantizado para los vehículos
- Cercano a la zona de toma de muestras
- Que no genere molestias a los vecinos
- Acceso a agua potable
- Debe contar con servicios sanitarios

Tal como se muestra en las fotografías de la Figura 5, el sitio puede ser techado, o al aire libre y colocar toldos; esto dependerá de las condiciones y el espacio con el que cuente la municipalidad para realizar el cuarteo y la categorización



Figura 5: Lugar para pesaje y separación. A la izquierda, Relleno Sanitario de Florencia, San Carlos; a la derecha, Plantel Municipal de Alajuela.

Fuentes: Municipalidades de San Carlos y de Alajuela

B. Toma de las muestras

La toma de las muestras se realiza a partir de la recolección de todos los recipientes (bolsas, cajas, sacos, contenedores, estañones, etc.) de residuos puestos en canastas o sobre la acera al frente de las viviendas y comercios seleccionados para la muestra y previamente informados, antes de que pase el camión regular de recolección (ver ejemplo en Figura 6). Por lo tanto, se usan las mismas rutas de recolección para no alterar las costumbres de los habitantes.

En el caso de alamedas, condominios o apartamentos, donde los recipientes de los residuos son comunes para varias viviendas y por lo tanto se pueden confundir entre ellas, es necesario aplicar otra técnica de diferenciación, como por ejemplo:



Figura 6: Colocación de bolsas en canasta frente a la vivienda.

- a estas viviendas darles bolsas de color diferente a las tradicionales para poder identificarlas.
- recoger los residuos directamente de la puerta de cada una de estas viviendas (informando previamente el día en que se recolectará para que no lo saquen al lugar común).
- darles algún tipo de adhesivo distintivo para que se coloque en los recipientes donde dispongan sus residuos

Cualquiera de estas alternativas tiene el inconveniente de que se debe informar la semana precisa del estudio, por lo que podría llegar a influir en sus costumbres regulares de generación y disposición de residuos, sin embargo, es un sesgo que se debe aceptar para estos casos en particular.

El muestreo debe cubrir una semana completa (7 días) para eliminar los posibles efectos de los diferentes días de la semana. Es decir, se recaudan los residuos de las viviendas o comercios seleccionados en cada uno de los días en que la recolección regular pasa por ellos durante una semana. La definición del número de veces que se recoge en una misma unidad de muestreo se determinó en el Paso A10.

En cada uno de los días de recolección, se recorre la ruta antes del camión recolector regular y se toman las muestras de las viviendas y los comercios seleccionados. Para esto se cuenta con la ayuda de los croquis de las rutas previamente verificadas. También se puede hacer uso de algún tipo de lista de chequeo.

Identificar todas las bolsas o recipientes con un adhesivo en donde se especifique el código de la vivienda o comercio, fecha y estrato (puede usarse desde una calcomanía resistente al agua hasta un trozo de cinta adhesiva sobre el cual se escriba con un marcador permanente resistente al agua). La correcta identificación de las bolsas o cajas es prioritaria para evitar confusiones sobre la

procedencia de las muestras y se produzca un error en el estudio. Es recomendable colocar la información de los adhesivos previo a colocarlas en las muestras con el fin de agilizar el trabajo de campo. La Figura 7 presenta fotografías de la identificación de las muestras recolectadas.



Figura 7: Identificación de las muestras

Fuentes: Municipalidades de Alajuela y San Carlos

Para la recolección se recomienda utilizar un vehículo adecuado (por ejemplo, un pick up o camión no compactador) para que transporte los residuos al sitio donde se continuará con el estudio de pesaje y composición. No se recomienda pesar durante la ruta ya que se pierde tiempo, el cual es valioso en este punto para evitar que el camión recolector alcance a los ejecutores del estudio y se pierdan muestras. Todas las muestras deben ser llevadas al sitio asignado para pesaje y separación con fines de análisis de la composición. Como recomendación, se puede hacer una “limpieza” de las viviendas o comercios a muestrear previo al estudio, esto con el fin de asegurarse que los residuos de la muestra pertenezcan

a una semana de generación. Esto se puede hacer mediante un recorrido con camión recolector normal por todas las unidades a muestrear para retirar todo lo acumulado hasta el momento. Lo ideal es hacerlo el último día de recolección antes de iniciar el estudio de campo.

En el Anexo 11 se incluyen los formularios donde se debe registrar la información recopilada durante la toma de muestras, tanto para la generación como para la composición. En el Anexo 10 se encuentra una ficha resumen de los pasos a seguir para el estudio de campo.

C. Determinación de la generación de RSO

Paso C1. Generación per cápita por día (GCDviv) de RS en las VIVIENDAS

Paso C1.1: Pesaje de las muestras

Por cada día de muestreo se pesan los residuos totales de acuerdo al estrato correspondiente. Esto se realiza en el sitio previsto para el pesaje y separación de los residuos. Se recomienda el uso de una romana de pie o de plataforma como la que se presenta en la figura al lado. Se deben tener en cuenta los aspectos metrológicos de verificación y calibración del aparato de medición usado. La báscula puede ser digital o mecánica. Un ejemplo es la presentada en la Figura 8.



Figura 8: Ejemplo de romana de plataforma

El pesaje debe ser separado por estrato para poder dividir la cantidad total por el número de habitantes correspondientes (ver paso siguiente).

Paso C1.2: Definición de la cantidad generada por habitante por día en cada estrato residencial

Para obtener la cantidad por habitante por día se debe dividir el peso de los residuos totales recogidos durante la semana en cada estrato, entre el número de habitantes totales de las viviendas muestreadas en el mismo estrato (en las que se recolectó exitosamente la muestra) y entre el número de días de generación que representan (7 días).

Una muestra está compuesta por el peso total recolectado durante toda la semana (en uno o varios días de recolección de acuerdo al número de veces que el camión recolector pasa por ese lugar durante la semana, según se determinó en el paso A10). El número de habitantes de cada vivienda es un dato recolectado en el formulario de la encuesta realizada según se explicó en el paso A12.

De esta manera se obtiene la generación per cápita para cada uno de los estratos. Se puede documentar en una tabla como la siguiente para cada uno de los estratos:

Tabla 7: Ejemplo de tabla para documentar los datos de generación de residuos en viviendas.

Estrato: Alto		Frecuencia de recolección semanal: 2 veces			
Código de identificación	Peso día 1 (kg)	Peso día 2 (kg)	Peso total (kg)	Nº de habitantes	Generación per cápita por día para el estrato específico (kg/hab.día)
A-01	7	6	13	3	64 kg/ (14 hab*7 días)
A-02	7	10	17	3	
A-03	8.5	9.5	18	4	
A-04	8	9	17	4	
Total			64	14	

Paso C1.3: Cálculo del promedio ponderado de GCD_{viv}

El siguiente paso es calcular el promedio ponderado de generación per cápita por día (GCD_{viv}) para el área de estudio. Esto se obtiene multiplicando el valor de generación per cápita encontrado en cada estrato por el porcentaje de habitantes para el respectivo estrato (según la muestra tomada, no la población total) y sumando el valor obtenido para cada estrato. La fórmula para hacerlo es la siguiente:

$$GCD_{viv} = (GCD_{EA} * \%hab_{EA} + GCD_{EM} * \%hab_{EM} + GCD_{EB} * \%hab_{EB} + GCD_{ER} * \%hab_{ER})$$

Tabla 8: Ejemplo del cálculo del promedio ponderado de GCD_{viv} para los estratos residenciales

Estrato Alto		Estrato Medio		Estrato Bajo		Estrato Rural	
N° hab _{EA}	14	N° hab _{EM}	67	N° hab _{EB}	98	N° hab _{ER}	32
%hab _{EA}	6.6%	%hab _{EM}	31.7%	%hab _{EB}	46.5%	%hab _{ER}	15.2%
GCD _{EA}	0.65	GCD _{EM}	0.63	GCD _{EB}	0.62	GCD _{ER}	0.61
$GCD_{viv} = (GCD_{EA} * \%hab_{EA} + GCD_{EM} * \%hab_{EM} + GCD_{EB} * \%hab_{EB} + GCD_{ER} * \%hab_{ER})$ $GCD_{viv} = (0.65 * 0.066 + 0.63 * 0.317 + 0.62 * 0.465 + 0.61 * 0.152)$ $GCD_{viv} = 0.624 \text{ kg/hab.día}$							

Paso C1.4: Cálculo de desviación estándar

Se calcula la desviación estándar de la generación per cápita por día de los RS generados en las viviendas tomadas en el muestreo. El objetivo de calcular este valor estadístico es conocer que tanto se dispersan o desvían los datos en relación a su media. Esto se realiza con el objetivo de tener una visión más acorde con la realidad al momento de describirlos e interpretarlos para la toma de decisiones

La fórmula estadística para obtener la desviación estándar es la siguiente:

dónde:

GCD_{vivEA} = Generación per cápita por día Estrato Alto

%hab_{EA} = porcentaje de habitantes Estrato Alto

GCD_{vivEM} = Generación per cápita por día Estrato Medio

%hab_{EM} = porcentaje de habitantes Estrato Medio

GCD_{vivEB} = Generación per cápita por día Estrato Bajo

%hab_{EB} = porcentaje de habitantes Estrato Bajo

GCD_{vivEr} = Generación per cápita por día Estrato Rural

%hab_{ER} = porcentaje de habitantes Estrato Rural

Un ejemplo de este cálculo es el siguiente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

donde:

s = desviación estándar

N = población

x_i = cada dato de la muestra

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \text{valor promedio}$$

Se recomienda utilizar una hoja de cálculo para obtener este valor. Un ejemplo de esta hoja de cálculo se presenta en el Anexo 12.

Se debe reportar esta desviación estándar junto con los resultados, ya que será base para futuras investigaciones, ya sea del mismo cantón o de otros con características similares que no cuentan con un estudio base.

Paso C2. Generación de RSO en los COMERCIOS

Paso C2.1: Pesaje de residuos comerciales

Se pesa el total de los residuos recolectados en los comercios caracterizados para la muestra. Esto se debe realizar cada día que se recolecte la muestra comercial.

Paso C2.2: Definición de la cantidad por comercio

Se divide el peso de los residuos totales recolectados en los comercios durante la semana del estudio entre el número de comercios de la muestra y entre el número de días de generación que representan (7 días).

De esta manera se obtiene la generación de residuos por comercio por día de la muestra. Documentarlo en una tabla como la siguiente:

Tabla 9 : Ejemplo de una tabla para documentar los datos de generación de residuos en comercios

Muestra de Comercios					
Nombre	Peso día 1 (kg)	Peso día 2 (kg)	Peso total (kg)	Número de comercios en la muestra	Generación por comercio por día (kg/comercio.día)
Carnicería XX	15	23	38	4	135 kg/ (4 comercios*7 días)
Pulpería XY	9	11	20		
Zapatería XZ	20	30	50		
Pulpería XQ	14	13	27		
Total			135		
					4.82 kg/comercio.día

Se debe recordar que si la muestra se hace por tipo de comercio, según lo indicado en el paso A9, es necesario calcular para cada uno de estos tipos por separado.

Paso C2.3: Cálculo de la generación total por día de los comercios en el área de estudio

Se multiplica la generación por comercio por día por el número total de comercios en el área de estudio que forman parte de la recolección regular. De esta manera se obtiene la generación total por día de RSO provenientes de comercios en el área de estudio.

Así, si el cantón cuenta con 1.000 comercios y una generación de 4,82 kg/comercio.día, se obtiene una generación total de:

$$G_{totcom} = 1.000 \text{ comercios} * 4,82 \frac{kg}{comercio.día} = 4.820 \frac{kg}{día}$$

Paso C2.4: Definición de la generación per cápita de los residuos comerciales

Se divide la generación total por día de RS provenientes de comercios en el área de estudio entre el número de habitantes en el área de estudio.

De esta manera se asigna una fracción de lo generado por día en los comercios a cada uno de los habitantes del área de estudio (GCD_{com}).

Siguiendo con el mismo ejemplo, si el cantón cuenta con 10.000 habitantes, entonces:

$$GCD_{com} = \frac{4.820 \frac{kg}{día}}{10.000 \text{ hab.}} = 0,482 \frac{kg}{hab.día}$$

Esta cantidad tiene que ser adicionada al valor correspondiente de la generación calculada para los estratos residenciales.

Paso C2.5: Cálculo de la desviación estándar

Se calcula la desviación estándar de la generación por comercio por día de RS generados en los comercios considerados en el muestreo. La fórmula fue presentada en el paso C1.4 y nuevamente se sugiere utilizar una hoja de cálculo para obtener este valor, tal como la presentada en el Anexo 12.

Paso C3. Generación per cápita por día y generación total de RSO por día en el área de estudio.

Paso C3.1: Cálculo de la generación per capita total

Se suma GCD_{viv} y GCD_{com} . De esta manera se obtiene la generación total de RS per cápita por día en el área de estudio (GCD_{tot}).

Para el ejemplo desarrollado:

$$GCD_{tot} = GCD_{viv} + GCD_{com}$$

$$GCD_{tot} = 0,624 \frac{kg}{hab.día} + 0,482 \frac{kg}{hab.día}$$

$$GCD_{tot} = 1,106 \frac{kg}{hab.día}$$

Paso C3.2: Cálculo de la generación total en el área del estudio

Se multiplica GCD_{tot} por el número total de habitantes en el área de estudio. De esta manera se obtiene la generación total de RSO por día en el área de estudio (G_{tot}). Siguiendo con el ejemplo de un cantón con 10.000 habitantes, se obtiene:

$$G_{tot} = GCD_{tot} * \text{número_total_hab}$$

$$G_{tot} = 1,106 \frac{kg}{hab.día} * 10.000 \text{ hab}$$

$$G_{tot} = 11.060 \frac{kg}{día} = 11,06 \frac{ton}{día}$$

Con el fin de complementar el estudio, se pueden obtener los datos de pesaje de camiones que entran al relleno sanitario en un día (los mismos días que se haga el estudio), y comparar el dato total con los datos del estudio (G_{tot}). Esto permite realizar una comparación y obtener conclusiones sobre las cantidades que no están llegando al llegando al sitio de disposición final, ya sea porque se estén reutilizando, reciclando o siendo depositadas en botaderos ilegales.

D. Determinación de la composición física de los RSO

Paso D1. Composición física de los RSO generados en las viviendas

Para cada uno de los estratos por separado (alto, medio, bajo y rural), deberán aplicarse los siguientes pasos:

Paso D1.1: Preparación de bolsas

Preparar 10 bolsas plásticas transparentes, de aproximadamente 50 litros (tamaño grande o de jardín). Conocer el peso aproximado de la bolsa vacía. Si se van a considerar las sub-categorías para composición de los residuos, se deben preparar aproximadamente 25 bolsas,

Una opción viable para realizar la separación de los residuos, es colocar letreros que indiquen las categorías, para que se visualice más fácilmente donde se debe colocar cada uno de ellos. El método mencionado agiliza el proceso de separación de categorías.

Paso D1.2: Disposición de la muestra

Utilizar la muestra completa de RSO recolectada en un día correspondiente al estrato respectivo. Colocar los residuos en una zona cubierta y pavimentada o sobre un plástico de suficiente resistencia y tamaño para evitar el contacto directo de los residuos con el suelo, tal y como se explicó en el paso A14.

Paso D1.3: Preparación de la muestra

Abrir las bolsas de los residuos y verterlos en el suelo (las bolsas se incluyen en la muestra)

Se recomienda identificar previamente los residuos sanitarios y no sacarlos de las bolsas en el momento de realizar el cuarteo. Es importante incluirlos en el estudio pero sin exponer a las personas

que ejecutan el trabajo de campo a este tipo de residuos.

Cortar los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable de aproximadamente 15 cm o menos. Homogenizar la muestra con palas y volver a hacer el montículo formando un cuadrado.



Figura 9: Preparación de la muestra para aplicación del método de cuarteo

Paso D1.4: Aplicación del método de cuarteo

Previo a realizar el cuarteo se debe conocer el peso total de residuos por cada estrato (de acuerdo a los pesajes realizados), y posteriormente considerar las siguientes condiciones:

- Si el total de residuos por estrato es mucho menor a 100 kg, no se requiere realizar el cuarteo, sino que se realiza la

- separación de categorías en la totalidad de la muestra de dicho estrato.
 - Si el total de residuos es cercano o mayor a 100 kg se debe realizar el cuarteo.
- Para aplicar el cuarteo se deben seguir los siguientes pasos:
- Dividir el montículo en 4 partes iguales con ayuda de las palas.
 - Escoger dos partes opuestas. Descartar las dos partes no seleccionadas.
 - Mezclar las 2 partes seleccionadas, formar el montículo como un cuadrado y volver a dividirlo en 4 partes iguales.
 - Elegir dos partes opuestas y formar otra muestra más pequeña.
 - Repetir el cuarteo hasta obtener una muestra aproximada a los 50 kg de residuos.
- En el siguiente diagrama se demuestra el método del cuarteo, donde se eligen las fracciones rojas para formar un nuevo montículo y repetir hasta tener el tamaño deseado.

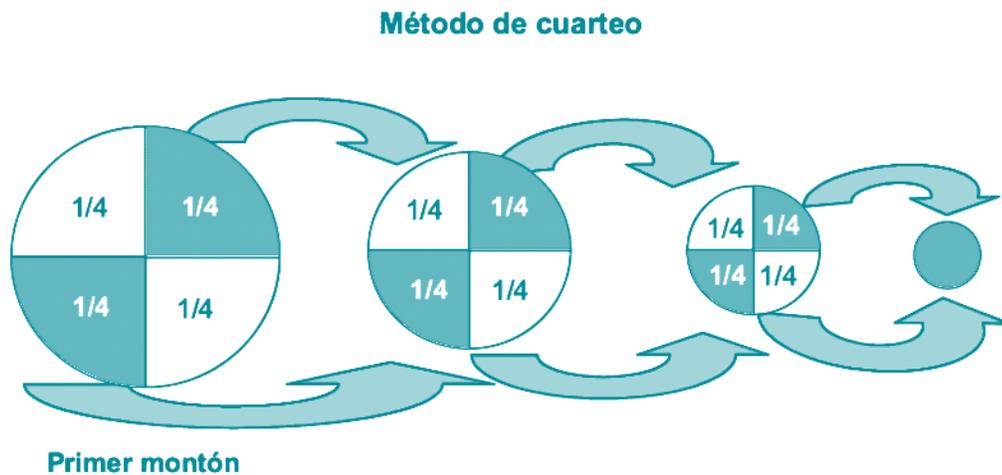


Figura 10: Método de cuarteo

Paso D1.5: Separación en categorías

Luego se separan los componentes del último montículo en las bolsas preparadas según las siguientes categorías:

Tabla 10: Categorías primarias y secundarias

Categoría principal (obligatorias)	Sub-categoría (voluntarias)	Descripción
Biodegradable	Cáscaras de frutas, legumbres etc.	Se hace la separación para contar con datos para la elaboración de composta. Madera proveniente del jardín
	Jardín	
	Otros	

Papel/Cartón	Papel blanco y de color	Papel blanco, de color, periódico, cartón liso y corrugado, papel china, papel de regalo, etc
	Periódico	
	Cartón	
	Cartoncillo	
	Otros Papeles	
Plástico	PET	Envases, bolsas, elementos elaborados en plástico, recipientes.
	HDPE	
	LDPE	
	Otros Plásticos	
Metales	Aluminio	Aluminio, latas de alimentos, trozos de varillas, alambres, chatarra en general
	Ferroso	
	No Ferrosos	
Textiles	Textiles	Retazos de tela y cuero, piezas de ropa, bolsos, zapatos de cuero, hule en general
Polilaminados (tetras)	Polilaminados	Envases tetrabrik
Peligrosos generados en el hogar	Peligrosos	Baterías secas, restos de medicamentos, envases de productos de limpieza, envases de pintura, cartuchos y tóner de impresora, envases de lubricantes, insecticidas, bombillos.
Eléctricos y electrónicos	Eléctricos y electrónicos	Monitores, pantallas planas, computadoras, baterías de computadoras, celulares o UPS, cargadores, escáner, teléfonos celulares, impresoras, cámaras fotográficas, calculadoras, y otros similares.
Otros componentes	Otros	Material fino como polvo de barrido, residuos sanitarios (papel higiénico, pañales), inertes, escombros, madera, empaques metalizados, estereofón, residuos voluminosos.

La metodología indica que los estudios deben contemplar como mínimo las diez categorías primarias y se permite la aplicación de subcategorías de acuerdo a las necesidades e intereses.

Los residuos restantes posterior a la separación, aquellos que no se puede determinar su naturaleza se clasifican como otros y no definibles.

Paso D1.6: Pesaje por categorías

Pesar cada una de las bolsas con las fracciones de residuos de acuerdo a la categorización establecida. Restar el peso de la bolsa vacía y obtener el valor de los residuos correspondientes a cada categoría.

Una vez finalizado este procedimiento diario, los residuos pueden ser dispuestos de una forma adecuada. Es importante limpiar cada día el lugar al terminar la separación por categorías, con el fin de no atraer vectores o generar malos olores. Además para que no se confundan los residuos de un día con los del día siguiente.

Paso D1.7: Cálculo del porcentaje de cada categoría

Dividir el peso neto de cada una de las categorías entre el peso total de la muestra tomada en el cuarteo (suma del peso de todas las categorías separadas). De esta manera se obtiene el porcentaje en peso de cada categoría para el estrato correspondiente en el día de recolección específico. Usar la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje en peso de la categoría } i = \left(\frac{P_i}{W} \right) * 100$$

donde:

P_i = Peso neto de la categoría i

W = Suma de los pesos de todas las categorías

Para ejemplificar el procedimiento, suponemos que se le aplicó el procedimiento a una muestra y fue dividida en las diferentes categorías propuestas anteriormente. Se procederá a calcular el porcentaje en peso de la categoría "plástico", por lo que se introducen los valores en la fórmula:

$$P_{\text{plástico}} = 5,358\text{kg}$$

$$\text{Porcentaje en peso de la categoría plástico} = \left(\frac{5,358}{47,0} \right) * 100$$

$$\text{Porcentaje en peso de la categoría plástico} = 11,4\%$$

En la siguiente tabla se presentan los datos completos de todas las categorías para completar el ejemplo planteado:

Tabla 11: Ejemplo de tratamiento de datos del estudio de caracterización

Día de muestreo: 1		Estrato: Medio
Categoría	Peso neto de la categoría P_i (kg)	Porcentaje en peso de la categoría
Biodegradable	26.555	56.5%
Papel/Cartón	7.332	15.6%
Plástico	5.358	11.4%
Vidrio	0.611	1.3%
Metales	0.752	1.6%
Textiles, cuero y hule	0.382	0.8%

Polilaminados	0.370	0.8%
Residuos peligrosos	0.376	0.8%
Residuos eléctricos y electrónicos	0.564	1.2%
Otros y no definibles	4.700	10.0%
Total	W = 47.000 kg	100%

Paso D1.8: Repetición por estrato

Repetir el procedimiento durante todos los días de la semana que dure el muestreo, es decir, por día de muestreo se debe realizar tantos cuarteos como estratos se recolecten.

Paso D1.9: Cálculo de promedios por estrato

Para cada estrato obtener el promedio de cada una de las categorías a partir de los resultados obtenidos en cada día de muestreo. De esta manera se obtiene el porcentaje de cada categoría en los RSO generados por las viviendas de cada uno de los estratos.

Siguiendo con el ejemplo, y tomando los porcentajes obtenidos en el Tabla 10 como datos de entrada para el día de muestreo 1, y suponiendo que se muestreó durante tres días³, se obtiene lo siguiente:

³ Eso en el caso que se recogen los RS tres veces por semana en esta ruta.

Tabla 12: Ejemplo de obtención de promedio para cada categoría

Estrato: Medio				
Categoría	Día de muestreo 1	Día de muestreo 2	Día de muestreo 3	Promedio
Biodegradable	56,5%	57,3%	55,2%	56.3%
Papel/Cartón	15,6%	14,7%	17,0%	15.8%
Plástico	11,4%	12,1%	10,5%	11.3%
Vidrio	1,3%	2,0%	1,4%	1.6%
Metales	1,6%	1,5%	1,7%	1.6%
Textiles, cuero y hule	0,8%	0,6%	0,5%	0.6%
Polilaminados	0,8%	0,9%	0,5%	0.7%
Residuos peligrosos	0,8%	0,5%	0,5%	0.6%
Residuos eléctricos y electrónicos	1,2%	1,4%	1,5%	1.4%
Otros y no definibles	10,0%	9,0%	11,2%	10.1%
Total	100%	100%	100%	100%

Así se logran obtener, para el caso particular del ejemplo, los porcentajes promediados de cada categoría para el estrato medio de la muestra tomada. Este mismo procedimiento se repite para cada uno de los estratos.

$$\begin{aligned}
 \%ponderado \text{ para la categoría } i = & (\%categoría \\
 & i_{EA} * \%hab_{EA} + \%categoría i_{EM} * \%hab_{EM} + \\
 & \%categoría i_{EB} * \%hab_{EB} + \%categoría \\
 & i_{ER} * \%hab_{ER}) * 100
 \end{aligned}$$

Paso D1.10: Cálculo del valor ponderado para los porcentajes por categoría

Se multiplican los promedios obtenidos por estrato para cada categoría por el porcentaje de habitantes de cada estrato (según la muestra tomada, no la población total del área de estudio) y sumar estos datos por categorías. De esta manera se obtiene el porcentaje ponderado de cada categoría en los RS generados en las viviendas para el área de estudio. La fórmula se presenta a continuación:

Siguiendo con el ejemplo anterior, se ubican los valores promedio de cada estrato y se multiplican por el respectivo porcentaje de habitantes correspondiente a cada estrato dentro de la muestra (el valor se ubica dentro del paréntesis debajo del nombre del estrato). La suma de estas multiplicaciones se encuentra en la última columna y representa el promedio ponderado por categoría de residuos seleccionada.

Tabla 13: Ejemplo del cálculo de promedio ponderado para cada categoría

Categoría	Estrato alto (8,6%)	Estrato medio (35,9%)	Estrato bajo (51,5%)	Estrato rural (4,0%)	Porcentaje ponderado por categoría
Biodegradable	55,5%	56,3%	55,2%	60,0%	55,8%
Papel/Cartón	15,0%	15,8%	17,0%	14,0%	16,3%
Plástico	12,0%	11,3%	10,5%	10,4%	10,9%
Vidrio	1,3%	1,6%	1,4%	1,0%	1,4%
Metales	2,6%	1,6%	1,7%	2,0%	1,8%
Textiles, cuero y hule	0,8%	0,6%	0,5%	0,7%	0,6%
Pollaminados	0,8%	0,7%	0,5%	0,4%	0,6%
Residuos peligrosos	0,8%	0,6%	0,5%	0,5%	0,6%
Residuos eléctricos y electrónicos	1,2%	1,4%	1,5%	0,9%	1,4%
Otros y no definibles	10,0%	10,1%	11,2%	10,1%	10,7%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Con estos datos se recomienda realizar gráficos que permitan realizar análisis y comparaciones, tal y como los que se presentan a continuación de los resultados del estudio realizado en el Distrito Quesada en el 2010:

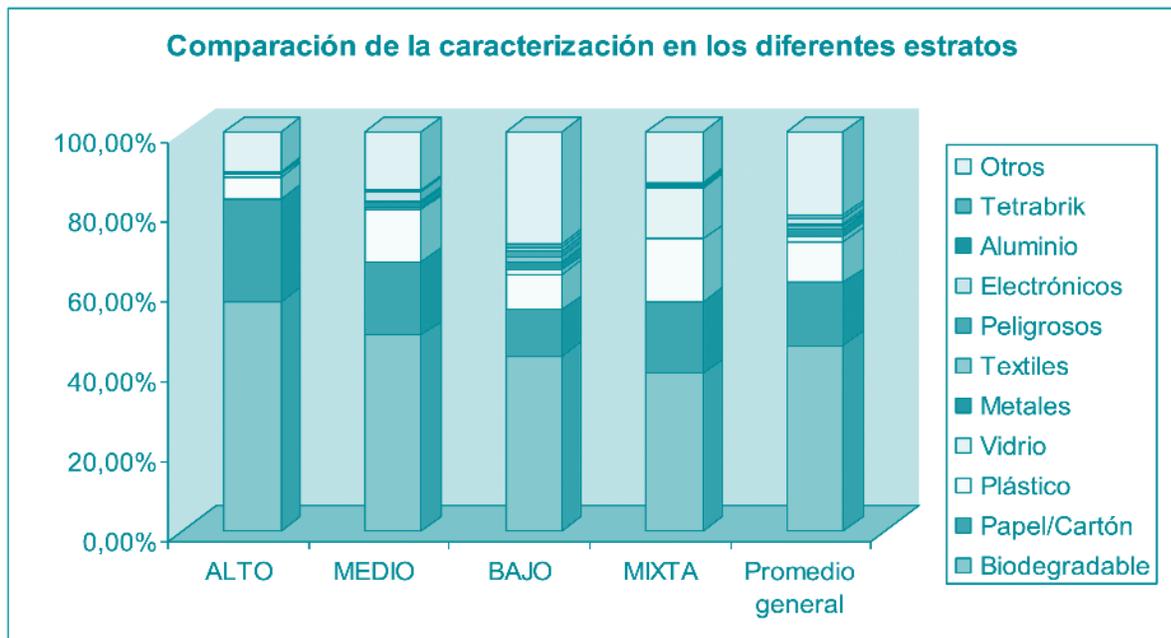
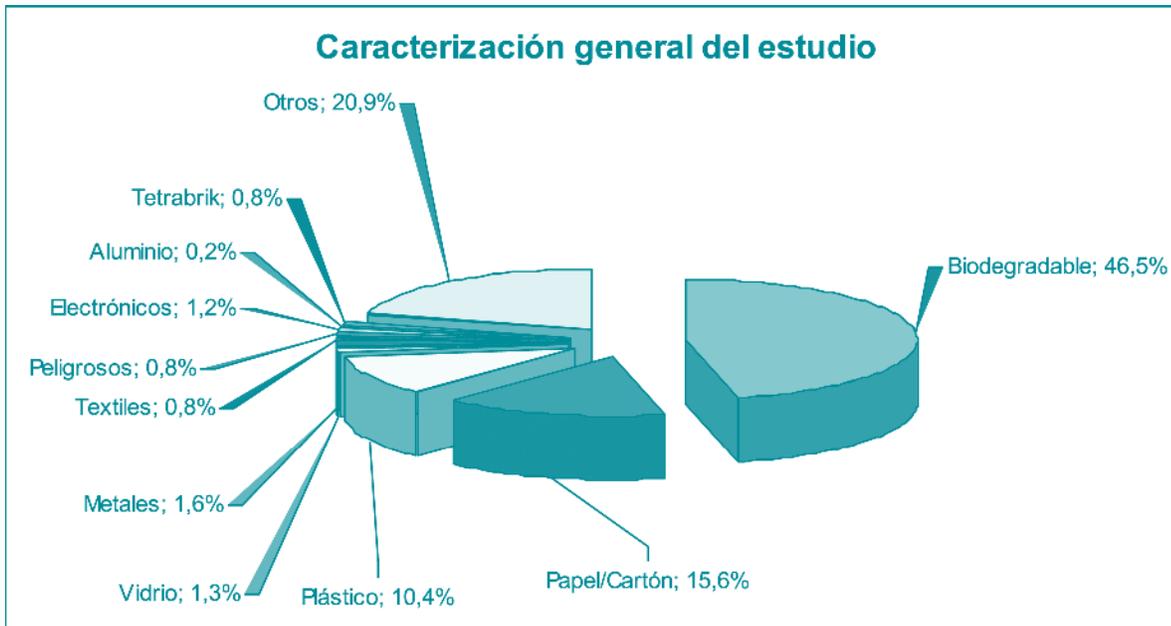


Figura 11: Ejemplo de gráficos obtenidos de los resultados del estudio de caracterización en el distrito Quesada. Fuente: Departamento de Gestión Ambiental de la Municipalidad de San Carlos

Paso D2. Composición física de los RSO generados por los comercios

Repetir los pasos D1.1 al D1.10 con los RSO provenientes de los comercios para obtener el porcentaje para cada componente en los RSO generados por los comercios.

Obtener el promedio de cada una de las categorías a partir de los resultados obtenidos en cada día de muestreo. De esta manera se

obtiene el porcentaje (%) de cada categoría en los RSO generados por los comercios (PCi).

Considerar que para el caso de los comercios, se pueden encontrar residuos más voluminosos y en cantidades mayores, como cajas de cartón o residuos directamente colocados en barriles o estañones (que únicamente se vacían y se dejan en el lugar) por lo que se debe estar preparado con bolsas plásticas grandes para recolectarlos de ser necesario.

Cálculo de la densidad de los residuos sólidos

La densidad es un parámetro que puede ser de utilidad de acuerdo al objetivo del estudio, por lo que se presenta la metodología de trabajo si la municipalidad establece que requiere determinarla. Si es necesario aclarar que la metodología no exige obtener este parámetro, y se determinará por elección voluntaria del ejecutor del estudio.

PASO 1: Preparar un recipiente de aproximadamente 100 litros (medio barril) para que sirva como depósito estándar para determinar el volumen y la densidad de los residuos. Determinar el peso del recipiente vacío (P_V) en kilogramos y su volumen (V) en metros cúbicos. Para obtener el volumen se debe saber la medida en metros del diámetro (d) y la altura (h) del recipiente en que se realizar la medición y aplicar la siguiente ecuación:

$$V = \pi * r^2 * h$$

PASO 2: Depositar en el recipiente, sin hacer presión, los residuos provenientes de las viviendas que fueron utilizados en el cuarteo pero no separados y moverlos de tal manera que se llenen los espacios vacíos en el recipiente. Llenar el recipiente hasta el borde sin que se rebalse.

PASO 4: Pesar el recipiente lleno (P) y restarle el peso del recipiente vacío para obtener el peso de los residuos (P_R).

$$P_R = P - P_V$$

PASO 5: Dividir el peso de los residuos entre el volumen del recipiente. De esta manera se obtiene la densidad de los RS provenientes de las viviendas para cada uno de los días de recolección (kg residuos/m³ residuos).

$$\text{Densidad (kg/m}^3\text{)} = P_R / V$$

PASO 5: Repetir los pasos del 2 al 5 todos los días de recolección y calcular el promedio de estos números. De esta manera se obtiene la densidad de los RS provenientes de las viviendas.

PASO 6: Repetir los pasos 1 a 5 para los residuos provenientes de los comercios y calcular el promedio de estos resultados. De esta manera se obtiene la densidad de los RS provenientes de los comercios.

E. Presentación de los resultados

Los resultados del estudio se deben presentar en un informe que incluya como mínimo la siguiente información (un ejemplo de formato se encuentra en el Anexo 13):

1. Fecha del Estudio. Nombre y datos de contacto del responsable del estudio.
2. Objetivo y justificación del estudio
3. Área de estudio: Superficie, número de habitantes, número de viviendas, número de comercios que son sujetos a recolección municipal.
4. Descripción de la metodología adaptada (adaptaciones realizadas a la metodología con su respectiva justificación)
5. Estratificación establecida y criterios utilizados. Mapas de los estratos.
6. Características del muestreo: Número de muestras en viviendas y comercios. Número de muestras por estrato.
7. Resultados (tablas, gráficos, etc):
 - 7.1 Generación per cápita por día (GCD) de residuos sólidos ordinarios (kg/hab*día):
 - generación per cápita por día de RSO en viviendas por estrato (GCDvivEX)
 - generación per cápita por día de RSO en los comercios (GCDcom)
 - generación per cápita por día de RSO (GCDtotal) y

generación total de RS
por día en el área de estudio (Gtotal)

- desviación estándar del estudio
- 7.2. Composición de los residuos sólidos ordinarios (% en peso de los componentes de los RSO):
 - categorías secundarias consideradas en el estudio
 - composición física de RSO, generados en las viviendas,
 - composición física de RSO, generados en los comercios,
 - composición física promedio de RSO.
 8. Interpretación de los resultados; observaciones y comentarios importantes.

Es recomendable la difusión de los resultados del estudio a los diferentes actores interesados en el proceso. Para esto se debe definir quiénes son esos actores y de qué manera se debe presentar los resultados.

Algunos de estos actores son:

- Vecinos del área de estudio
- Grandes empresas dentro del área de estudio
- Patrocinadores del estudio
- Ministerio de Salud, MINSALUD
- Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, IFAM
- Medios de comunicación
- Sistema Nacional de Información de GIRS

5. Bibliografía

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales (CEPIS/OPS). Hoja de Divulgación Técnica N°97: Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos. Lima, Perú. 2005. ISSN 1018-5119

Ministerio de Salud. Ley para la Gestión Integral de Residuos N°8839. Publicado en La Gaceta N°135 del 13 de julio del 2010. San José, Costa Rica, 2010.

Ministerio de Salud. Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios N°36093-S. Publicado en La Gaceta N°158 del 16 de agosto del 2010. San José, Costa Rica, 2010.

Ministerio de Salud y Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos de Costa Rica N°35993-S. Publicado en La Gaceta N°86 del 5 de mayo del 2010. San José, Costa Rica, 2010.

Municipalidad de San Carlos. Informe final del estudio de generación y composición de residuos del distrito de Quesada, cantón de San Carlos. San Carlos, Costa Rica. 2010.

Programa Competitividad y Medio Ambiente (CYMA). Manual para la definición de un modelo tarifario para la gestión municipal de residuos sólidos. San José, Costa Rica, 2011. ISBN 978-9977-62-096-1

Programa Competitividad y Medio Ambiente (CYMA). Plan de Residuos Sólidos (PRESOL). San José, Costa Rica, 2008. ISBN 978-9977-62-055-8

Anexos

Anexo 1. Capacitación necesaria para el equipo de trabajo

Capacitación general del estudio:

- Justificación y Objetivo del estudio
- Alcance del estudio, definiciones y beneficios esperados
- Apoyo de los diferentes departamentos de la municipalidad en búsqueda de información, planificación y trabajo de campo. Responsabilidades y tareas de cada uno
- Metodología de trabajo

Aspectos generales

- Instrumentos
- Alternativas
- Límites del estudio
- Proceso general del estudio
- Decisiones previas a tomar
- Proceso Fase I: Planificación
 - Aspectos a considerar en la aplicación de la encuesta
 - Preparación de la logística para el estudio de campo
- Proceso Fase II: Ejecución
 - Toma de las muestras
 - Determinación de la composición física de los residuos
 - Aplicación del método de cuarteo (se recomienda hacer una práctica en campo)
 - Separación por categorías

- Proceso Fase III: Procesamiento de los resultados

Capacitación al personal de recolección de las muestras:

- Justificación y Objetivo del estudio
- Descripción de la ruta o rutas que se utilizarán para la recolección
- Metodología para la recolección de las muestras
- Medidas de seguridad y uso adecuado del equipo de protección personal

Capacitación a la totalidad del personal de recolección (ya sea a personal municipal o al encargado de la empresa contratada para este fin):

- Justificación y Objetivo del estudio
- Importancia de no perder muestras y por lo tanto, de su colaboración en el proceso para no tomar las bolsas de los lugares (viviendas y comercios) identificados por medio de alguna calcomanía.
- Coordinación que se debe tener entre los choferes de ruta normal y los choferes del estudio

Capacitación al personal que realizará la separación:

- Objetivo del estudio
- Aplicación del método de cuarteo (tanto a nivel teórico como práctico)
- Categorías de residuos y el tipo de residuos que incluye cada una de esas categorías
- Medidas de seguridad y uso adecuado del equipo de protección personal

Anexo 2. Mapa de zonificación del Distrito de Quesada, Cantón de San Carlos

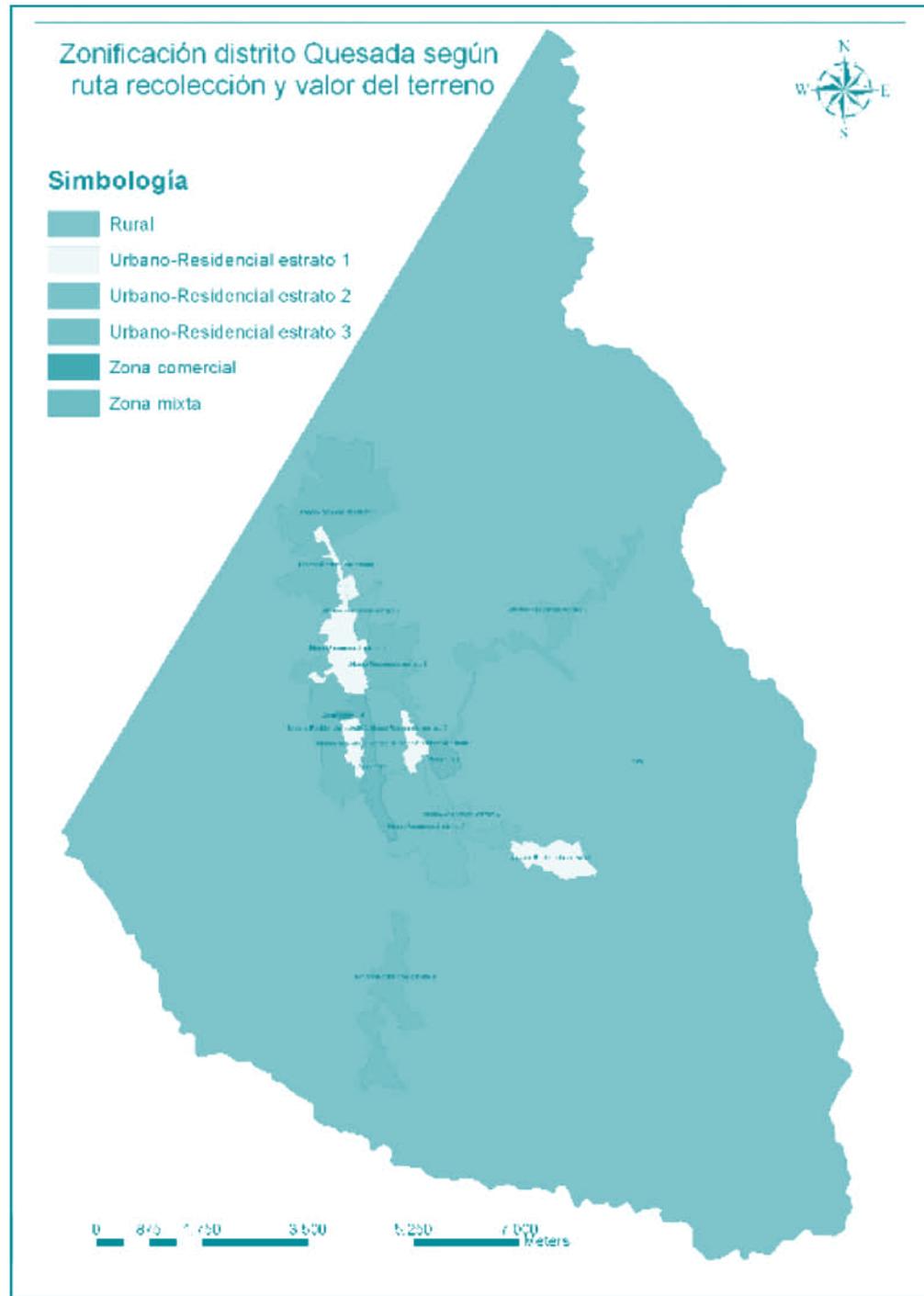


Imagen ilustrativa de la zonificación realizada para el distrito Quesada.
Fuente: Salas. C. 2010. Departamento Municipal de Catastro, Municipalidad de San Carlos.

Anexo 3. Ejemplo de formularios de recolección de información para viviendas y comercios

PROYECTO: ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICION DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS Instrumento de recolección de información sobre residuos sólidos ordinarios: viviendas Municipalidad de _____ Cantón de _____																	
Nombre del entrevistador:	Código de identificación vivienda:																
Nombre del entrevistado:	Fecha :																
INFORMACIÓN GENERAL																	
1. Miembro de la familia entrevistado: <input type="checkbox"/> Padre <input type="checkbox"/> Madre <input type="checkbox"/> Hijo mayor de 15 años Otro _____	2. ¿Cuántas personas habitan diariamente la vivienda? _____																
3. ¿Cuáles son los días de recolección de residuos sólidos en su sector? <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Día</th> <th style="width: 50%;">Hora recolección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Lunes</td><td></td></tr> <tr><td>Martes</td><td></td></tr> <tr><td>Miércoles</td><td></td></tr> <tr><td>Jueves</td><td></td></tr> <tr><td>Viernes</td><td></td></tr> <tr><td>Sábado</td><td></td></tr> <tr><td>Domingo</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Día	Hora recolección	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo		4. ¿A qué hora saca usted los residuos sólidos para su recolección? _____
Día	Hora recolección																
Lunes																	
Martes																	
Miércoles																	
Jueves																	
Viernes																	
Sábado																	
Domingo																	
5. ¿Seleccione en qué material dispone los residuos generados, para que estos sean recolectados? <input type="checkbox"/> Bolsa plástica nueva <input type="checkbox"/> Bolsa plástica usada <input type="checkbox"/> Saco <input type="checkbox"/> Caja de cartón <input type="checkbox"/> Otro _____	6. ¿Dónde colocan los residuos para su recolección? <input type="checkbox"/> en la acera <input type="checkbox"/> en una canasta propia <input type="checkbox"/> en un estañon <input type="checkbox"/> al frente de su casa <input type="checkbox"/> en un sitio común en la entrada a su barrio. <input type="checkbox"/> Otro _____																
7. ¿Separan los residuos para su posterior reciclaje? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No responde ¿Cuáles? _____ ¿Cantidad aproximada por semana? _____ ¿Cuál es la disposición de los residuos después de clasificarlos? _____	8. ¿Cómo considera el servicio de recolección de residuos que ofrece la municipalidad? <input type="checkbox"/> Deficiente <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Excelente <input type="checkbox"/> No responde Justifique su respuesta:																



PROYECTO: ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORDINARIOS

Instrumento de recolección de información sobre residuos sólidos ordinarios: comercios

Municipalidad de _____

Cantón de _____

Nombre del entrevistador:	Código de identificación del comercio :
Nombre del entrevistado:	Fecha :

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del local:	Categoría:
-------------------	------------

1. Cargo de la persona entrevistada: () Dueño del local () Administrador del local () Empleado del local	2. ¿Cuántos empleados laboran en el negocio?
--	--

3. ¿Cuántos días a la semana permanece en funcionamiento el comercio? ¿Cuál es el horario? Lunes a viernes _____ Sábados _____ Domingos _____	4. ¿Cuáles son los días de recolección de residuos sólidos en su sector? <table border="1"><thead><tr><th>Día</th><th>Hora recolección</th></tr></thead><tbody><tr><td>Lunes</td><td></td></tr><tr><td>Martes</td><td></td></tr><tr><td>Miércoles</td><td></td></tr><tr><td>Jueves</td><td></td></tr><tr><td>Viernes</td><td></td></tr><tr><td>Sábado</td><td></td></tr><tr><td>Domingo</td><td></td></tr></tbody></table>	Día	Hora recolección	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
Día	Hora recolección																
Lunes																	
Martes																	
Miércoles																	
Jueves																	
Viernes																	
Sábado																	
Domingo																	

5. ¿Seleccione en qué material dispone los residuos generados, para que estos sean recolectados? () Bolsa plástica nueva () Bolsa plástica usada () Saco () Caja de cartón () Otro _____	6. ¿Dónde disponen de los residuos para su recolección? () en la acera () en una canasta propia () en un estacionamiento () al frente de su casa () en un sitio común en la entrada a su barrio. () Otro _____
--	--

7. De la siguiente lista, ¿Cuáles residuos se generan en su local? ¿Cuál es el que se produce en mayor cantidad? () Papel/ periódico () Cartón () Vidrio () Plástico () Latas / aluminio () Residuos orgánicos () Residuos electrónicos () Residuos inorgánicos(Residuos químicos, trapos) () Otros _____ Residuo generado en mayor cantidad _____	8. ¿Separan los residuos para su posterior reciclaje? () Sí () No () N/R ¿Cuáles? _____ ¿Cantidad aproximada por semana? _____ ¿Cuál es la disposición de los residuos después de clasificarlos? _____
---	--

<p>1. De la siguiente lista, ¿Cuáles residuos se generan en su local? ¿Cuál es el que se produce en mayor cantidad?</p> <p>() Papel/ periódico</p> <p>() Cartón</p> <p>() Vidrio</p> <p>() Plástico</p> <p>() Latas / aluminio</p> <p>() Residuos orgánicos</p> <p>() Residuos electrónicos</p> <p>() Residuos inorgánicos(Residuos químicos, trapos)</p> <p>() Otros _____</p> <p>Residuo generado en mayor cantidad _____</p>	<p>2. ¿Separan los residuos para su posterior reciclaje?</p> <p>() Sí</p> <p>() No</p> <p>() N/R</p> <p>¿Cuáles? _____</p> <p>¿Cantidad aproximada por semana? _____</p> <p>¿Cuál es la disposición de los residuos después de clasificarlos?</p> <p>_____</p>
<p>3. ¿Cómo considera el servicio de recolección de residuos que ofrece la municipalidad?</p> <p>() Deficiente (D)</p> <p>() Regular (R)</p> <p>() Aceptable (A)</p> <p>() Bueno</p> <p>() Excelente</p> <p>() N/R</p> <p>Justifi que su respuesta:</p>	

Anexo 4. Ejemplo de boleta informativa para las viviendas y comercios seleccionados en la muestra del estudio

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div data-bbox="250 1171 690 1262">  <p>Municipalidad de Alajuela</p> </div> <div data-bbox="1112 1186 1274 1255">  </div> </div> <p style="text-align: center;"><u>ATENCIÓN:</u> Vecinos de Alajuela</p> <p>Les comunicamos que la Municipalidad de Alajuela realizará un estudio para conocer la generación y composición de los residuos ordinarios producidos en el cantón, para de esta forma poder ofrecer un mejor servicio.</p> <p>Su vivienda ha sido seleccionada como parte de la muestra del estudio, por lo que le recolectaremos sus residuos antes de la hora que pasa el camión recolector por su vivienda.</p> <p>LE SOLICITAMOS POR FAVOR SER PUNTUAL EN EL DÍA Y LA HORA QUE SACA LA BASURA.</p> <p style="text-align: center;">¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!</p>
--

Anexo 5: Carta a la empresa encargada de la recolección de residuos en caso de ser un servicio contratado.

XXXX, XXX de 20XX

Estimados señores:

Reciban un cordial saludo, por este medio la Municipalidad de XXXX desea informales sobre el Estudio de composición y generación de residuos ordinarios que se realizará en el Cantón de XXX durante el período comprendido entre el XX al XX de del presente año. Dicho proceso tiene como propósito obtener información para la planificación y gestión de los residuos ordinarios en el cantón, de manera que se pueda propiciar la mejora en el servicio que ofrece la municipalidad a la población.

Como parte del proceso, se recolectarán los residuos en las viviendas que forman parte de la muestra, esto previo al servicio de recolección brindado comúnmente. Por ello, requerimos su colaboración de forma tal que se informe a los funcionarios encargados de brindar el servicio sobre la iniciativa, y se permita el acceso a dichos residuos.

En caso de requerir información adicional sobre el estudio a realizar por parte de la municipalidad, nos encontramos en la disposición de evacuarles cualquier consulta. Para tal fin, se pueden contactar con: XXXXX.

Agradeciendo de antemano su colaboración,

Municipalidad de XXXX

Anexo 6. Lista de verificación de los materiales necesarios para el estudio

Actividad	Materiales	Cantidad	Responsable	Observaciones	
Aplicación de las encuestas, verificación de la zona de muestreo	Formulario para la encuesta	(1 por vivienda a muestrear)			
	Croquis con la ruta y viviendas identificadas	1 por encuestador			
	Marcadores permanentes y lapiceros	2 por encuestador			
	Calcomanías para las viviendas	(1 por vivienda a muestrear)			
	Carnet de identificación	1 por encuestador			
	Portapapeles con sujetador para el formulario	1 por encuestador			
	Boletas informativas sobre el estudio	(1 por vivienda a muestrear)			
	Medio de comunicación (Radio o celular). Número de teléfono de la persona a cargo del estudio	1 por encuestador o por líder de trabajo			
	Ropa cómoda para cada encuestador				
	Opcional: bebidas, alimentos, y mochila	1 por encuestador			

Actividad	Materiales	Cantidad	Responsable	Observaciones
Preparación de la logística para el estudio de campo	Cubierta de plástico grueso de construcción	Depende del tamaño del sitio se puede requerir 1 o 2		
	Báscula para colgar o fija	1 para analizar la composición (50 Kg) 1 para la generación por categorías (medida en gramos con dos decimales)		
	Formularios para la recopilación de datos: _Generación _Composición	Generación (2 por día de muestreo) Composición (2 por día de muestreo)		
	Folder para colocar los formularios	2 (uno para generación y otro para composición)		
	Lapiceros	3 para cada día		
	Martillo (quebrar el vidrio)	1		
	Paño (para usar al quebrar el vidrio)	1		
	Palas, rastrillos, u horquillas	(una por cada colaborador)		
	Tijeras de jardín	(una por cada colaborador)		
	Cutter de hoja ancha o cuchillas	(una por cada colaborador)		
	Grapadora o clips	1 grapadora o 25 clips		
	Bolsas para colocar las bolsas por vivienda muestreada (no se incluye en el pesaje)	(1 por vivienda a muestrear)		
	Opcional: Cámara fotográfica	1		

Actividad	Materiales	Cantidad	Responsable	Observaciones
Preparación de la logística para el estudio de campo	Equipo de protección personal:			
	_Guantes de nitrilo	(un par por colaborador) para cada día de muestreo		
	_Opcional: Guantes anti-corte	(un par por colaborador)		
	_Botas de hule o zapatos con punta de acero	(un par por colaborador)		
	_Lentes de seguridad	(uno por colaborador)		
	_Tapa bocas	(un par por colaborador) para cada día de muestreo		
	_Quimono desechable	(uno por colaborador)		
	_Vacunación (hepatitis A y B, tétano)	Por colaborador		
	_Implementos principales de un botiquín de primeros auxilios: gasas, algodón, alcohol, vendas, entre otros	1		
	Calcomanías para las muestras	(1 por cada vivienda muestreada)		
	Bolsas plásticas o recipientes para la categorización	25 recipientes o bolsas (para la separación por sub-categorías)		
	Calcomanías para diferenciar cada categoría y sub-categoría	35 (10 de categorías y 25 de sub-categorías)		
Marcadores permanentes	1 para cada colaborador			

Anexo 7. Matriz para estimación de costos del estudio

Estudio de Generación y Composición de Residuos Sólidos Ordinarios Municipalidad de XXXX Cantón de XXXX				
Actividades	Recursos requeridos	Número de funcionarios	Cantidad de horas por funcionario	Costo promedio estimado por hora
I: Planificación				
Reuniones de planificación				
Reuniones de planificación equipo de trabajo Municipalidad de XXXX				
Taller de capacitación con los equipos de trabajo para el Estudio de CyG				
Identificación del lugar para la separación de las muestras (transporte hacia el sitio, etc)				
Identificación de la muestra (cálculos, elaboración de mapas, croquis y rutas)				
Reunión con la empresa que brinda el servicio de recolección de residuos				
Divulgación sobre el Estudio de CyG a la población del cantón				
Aplicación de encuestas en las viviendas seleccionadas como parte de la muestra				
Recorrido de verificación para las rutas y viviendas seleccionadas en la muestra				

Actividades	Recursos requeridos	Número de funcionarios	Cantidad de horas por funcionario	Costo promedio estimado por hora
Procesamiento de la información recopilada en las encuestas				
Preparación de logística y recursos para la toma de muestras				
Preparación del lugar para la separación de las muestras				
SUBTOTAL FASE I				
Actividades	Recursos requeridos	Número de funcionarios	Cantidad de horas por funcionario	Costo promedio estimado por hora
II: Ejecución				
Toma de las muestras en las viviendas Día 1, 2, 3, 4, 5 (logística y transporte)				
Análisis de las muestras: composición y la generación				
Transporte de las muestras: al relleno y/o centro de recuperación				
SUBTOTAL FASE II				
Actividades	Recursos requeridos	Número de funcionarios	Cantidad de horas por funcionario	Costo promedio estimado por hora
III. Procesamiento				
Procesamiento de los resultados				
Elaboración del informe final				
Divulgación de los resultados				
SUBTOTAL FASE III				
TOTAL				

Anexo 8. Especificaciones del equipo de protección personal (EPP)

Parte del cuerpo que requiere protección	Especificaciones del EPP
Manos	Guantes de nitrilo para evitar contacto con contaminantes químico y por debajo guantes anticorte para evitar cortaduras al entrar en contacto con vidrio o metal.
Ojos	Lentes de seguridad para evitar el contacto de los ojos con cualquier tipo de partícula o contaminante
Pies	Botas de hule para mantener los pies secos y aislados. Si existe el riesgo de introducirse un clavo o similar en los pies, se recomienda el uso de zapatos con suela metálica y puntera.
Boca	Tapa bocas N95
Cuerpo	Quimono desechable
Riesgos biológicos	Vacunación (hepatitis A y B, tétano y cualquier otra que sea recomendada por un especialista de la salud)

Fuente: información obtenida mediante entrevista realizada a Óscar Castro de la Empresa Kimberly Clark

Adicional al EPP, es necesario contar con un botiquín básico de primeros auxilios que cuente con gasas, algodón, alcohol, vendas, entre otros.

Anexo 9. Extracto del cronograma sugerido para realizar el estudio

El cronograma en Excel se puede conseguir en la versión electrónica de la guía.

Nombre del Proyecto:	
Responsable:	
Inicio del Proyecto:	
Fecha:	05/09/2011

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Final	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1 PREPARACIÓN	Planificación							
	Realización							
1.1 Realizar reunión de arranque del estudio	Planificación							
	Realización							
1.2 Establecer un equipo de trabajo para la preparación del estudio	Planificación							
	Realización							
1.3 Establecer un equipo de trabajo para la ejecución	Planificación							
	Realización							
1.4 Establecer un equipo de trabajo para el procesamiento de datos	Planificación							
	Realización							
1.5 Preparar el taller de capacitación del estudio de generación y composición	Planificación							
	Realización							
1.6 Identificar el lugar de separación para la muestra	Planificación							
	Realización							
1.7 Elaborar formulario para las encuestas	Planificación							
	Realización							
1.8 Identificar zonas de estudio dentro del cantón	Planificación							
	Realización							
1.9 Recolectar informaciones básicas (Población, número de viviendas)	Planificación							
	Realización							
1.10 Calcular la cantidad de personas/ viviendas/ comercios por estrato	Planificación							
	Realización							
1.11 Comunicar al público y a la empresa subcontratada de recolección por diferentes medios	Planificación							
	Realización							
1.12 Definir número de viviendas y comercios a muestrear	Planificación							
	Realización							
1.13 Ubicar las viviendas de los estratos en un mapa y croquis	Planificación							
	Realización							
1.14 Realizar un taller de capacitación para el equipo de muestreo	Planificación							
	Realización							
1.15 Recorrido previo de verificación, comunicación, y aplicación de encuestas	Planificación							
	Realización							

Anexo 10. Ficha resumen del trabajo de campo

Estudio de Generación y Composición de Residuos Sólidos Ordinarios Municipalidad de XXXX Cantón de XXXX

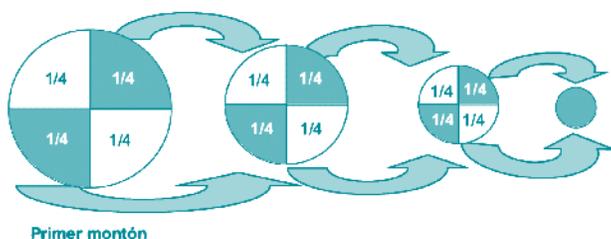
PASOS PARA DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS ORDINARIOS

1. Pesaje de las muestras por estrato (alto, medio, bajo, rural) y por vivienda muestreada
2. Llenar el formulario con la información de los pesos

PASOS PARA LA COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS

1. Colocar las bolsas en el suelo (hacer un acumulado con todos los residuos por cada estrato)
2. Abrir las bolsas de las muestras (incluir las bolsas en el muestreo) y verterlos sobre el suelo
3. Formar un montículo
4. Cortar los residuos más voluminosos (lograr un tamaño aprox. 15 cm)
5. Homogenizar la muestra con palas y volver a hacer el montículo formando un cuadrado
6. Cuarteo:
 - Dividir el montículo en 4 partes iguales
 - Escoger las dos partes opuestas para formar un nuevo montículo
 - Se mezclan las 2 partes seleccionadas y se dividen en 4
 - Se escogen las dos partes opuestas y se forma otra muestra más pequeña.
 - Repetir el cuarteo hasta obtener una muestra aproximada a los 50 kg de residuos
7. Se pesa la muestra total después de realizar el cuarteo

Método de cuarteo



8. Separación por categorías y sub-categorías
9. Pesar cada sub-categoría
10. Documentar los datos en el formulario
11. Repetir el procedimiento por estrato
12. Limpieza del sitio del estudio de campo

Composición de Residuos Sólidos Ordinarios en kilogramos

Proyecto:	Estudio de Generación y Composición en el cantón de
Responsable de la clasificación :	
Estrato:	Alto <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> Rural <input type="checkbox"/>
Fecha:	

Categoría principal	Subcategoría	Peso en kg	Peso total en kg
Biodegradable	Cáscaras de frutas, legumbres etc.		
	Jardín		
	Otros		
Papel/Cartón	Papel blanco y de color		
	Periódico		
	Cartón		
	Cartoncillo		
	Otros Papeles		
Plástico	PET		
	HDPE		
	LDPE		
	Otros Plásticos		
Vidrio	Plano		
	Envase Blanco		
	Envase Marrón		
	Envase Verde		
Metales	Aluminio		
	Ferroso		
	No Ferrosos		
Textiles	Textiles		
Polilaminados	Polilaminados (tetrabrick/tetrapak)		
Peligrosos	Peligrosos		
Electrónicos			
Otros	Otros		
TOTAL			

Anexo 12. Hoja de Excel para el procesamiento de los datos del estudio

Con el fin de facilitar los cálculos para obtener los parámetros solicitados por la metodología, se presenta una herramienta en Excel para introducir los datos obtenidos en el estudio de campo y lograr obtener resultados para el estudio.

Esta herramienta es una ayuda para los ejecutores del estudio, su uso no es obligatorio y cada uno puede generar sus propias herramientas de ayuda.

Consultar la versión electrónica de la guía para acceder a la herramienta.

Anexo 13. Ejemplo de formato de informe de presentación de resultados

Informe de Resultados	
Estudio de Generación y Caracterización de Residuos Sólidos Ordin	
Municipalidad:	Fecha de ejecución del estudio:
Responsable del estudio (datos de contacto):	
Objetivo del estudio:	
Justificación del estudio:	
Datos del estudio:	
Superficie:	Número de habitantes:
Número de viviendas (total y sujetos a recolección municipal):	Número de comercios (total y sujetos a recolección municipal):
Estratificación:	
Metodología usada para determinar los estratos socioeconómicos:	
Estratos establecidos (agregar mapa):	

Muestreo:	
Número de muestras en viviendas (total y por estrato):	Número de muestras en comercios (total y por estrato):
Resultados (agregar tablas, gráficos, etc):	
Generación per cápita por día en viviendas por estrato	
Generación per cápita por día en comercios	
Generación per cápita por día y generación total del área de estudio	
Desviación estándar del estudio	
Composición de los residuos (agregar las categorías secundarias seleccionadas)	
Viviendas	
Biodegradable:	Textiles, cuero y hule:
Papel/Cartón:	Polilaminados:
Plástico:	Residuos peligrosos:
Vidrio:	Residuos eléctricos y electrónicos:
Metales:	Otros y no definibles:
Comercios	
Biodegradable:	Textiles, cuero y hule:
Papel/Cartón:	Polilaminados:
Plástico:	Residuos peligrosos:
Vidrio:	Residuos eléctricos y electrónicos:
Metales:	Otros y no definibles:
(agregar gráficos)	
Observaciones, comentarios importantes o adaptaciones realizadas a la metodología con su respectiva justificación	

Adjunto a este Manual se encuentra un CD con 2 Planillas en Excel:

- Cronograma de actividades
- Tabla de evaluación de los estudios de generación y composición para el sector residencial

Las planillas están protegidas, más si quieren ser modificadas, se pueden desproteger. No tienen clave de seguridad.

Para el sector comercial no se hizo planilla modelo, ya que cada municipalidad define las categorías a su gusto. Sin embargo, se pueden ajustar las tablas para el sector residencial.

A. OBJETIVO DE LAS PLANILLAS

Entregar a las Municipalidades tablas de cálculo para facilitar la planificación, el cálculo y la evaluación de los estudios de generación y composición:

B. CONTENIDO DE LAS PLANILLAS

Cronograma de Actividades

El cronograma sirve para la planificación del estudio. Las actividades son las que se sugieren en el manual.

Se ingresa la fecha de inicio de la planificación en el cuadro verde de la esquina superior derecha (tiene que ser un lunes para que quede bien visibilizado en la tabla, ya que está dividida por semanas). El cuadro de "Fecha" se actualiza automáticamente y representa la fecha actual.

Las actividades se dividen en "Planificación", "Ejecución" y "Procesamiento de datos".

En las celdas verdes se indica la fecha de inicio y fin de cada actividad o sub-actividad. La barra en el cronograma se llena automáticamente.

Para efectos de monitoreo, en la fila inferior hay dos celdas celestes, las de "realización". Estas sirven para visibilizar, si durante el proceso se cambiaron algunas fechas.

En las columnas de la derecha, se establece el responsable de cada actividad, con sus colaboradores, el presupuesto y otras observaciones.

Tabla de cálculo para la Generación y Composición de Residuos en el sector residencial

Este libro consta de varias hojas:

1. Evaluación de encuestas en viviendas

Aquí lo esencial a llenar para que la tabla funcione de manera óptima es el código de vivienda, la abreviación para cada estrato ("A" para Alto, "M" para Medio, "B" para Bajo y "R" para Rural) y el número de habitantes por cada casa encuestada. Estos datos servirán de base para el cálculo de la Generación per Cápita por estrato.

2. Información del cantón

Se llenan las celdas verdes con la información requerida. El porcentaje de viviendas es calculado de forma automática. La celda de control se pondrá roja, si la suma de los porcentajes no es igual a 100%. En ese caso, habría que ajustar el número de las viviendas por estratos.

3. Número de viviendas para la muestra

En esta hoja, están las fórmulas establecidas en el manual. Se calcula el número de viviendas a muestrear. No es necesario insertar nada, se calcula automáticamente con los datos de la hoja 2.

4. Generación per cápita por estratos

Aquí se ingresa la información recaudada durante el estudio. Es decir, el peso de cada muestra. El número de habitantes por vivienda, es tomado de la hoja número 1. Cada hoja tiene códigos de vivienda del 1 al 200 (para el caso hipotético que solo se quiera muestrear un estrato), sin embargo, por lo general se tiene menos de 200. La generación per cápita es calculada en la celda de la derecha.

5. Generación per cápita total

Con los datos generados en las hojas anteriores, se calcula la generación per cápita total. No es necesario ingresar datos en esta hoja.

6. Composición por estratos

En estas tablas se incluyen los pesos de cada categoría muestreada. Para establecer el promedio, es importante en la celda de la derecha, establecer el número de veces por semana que se hace la recolección.

7. Gráficos

Con los datos generados en las hojas de composición, se generan los gráficos por estrato automáticamente.



Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios

San José, Costa Rica
2012

giz

www.programacyma.com