



## **PLAN NACIONAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS 2017-2027**

### **MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS Estimación de la Generación de los diferentes tipos de residuos**

#### **Hito 1.3.2.3.5**

31/07/17

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Título del documento			
MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS – Estimación de la Generación de los diferentes tipos de residuos (hito 1.3.2.3.5)			
Código	Fecha	Clasificación	
160092	31/07/2017		Restringido cliente
Edición	Realizado por	(firma)	
2.0	INECO		
Tipo de documento	Revisado por	(firma)	
Documento técnico X	INECO		
Presentación			
Oferta/Propuesta/Informe			
Otros			
Estado	Aprobado por	(firma)	
Borrador	INECO		
Documento final X			
Nombre del fichero	20170731 -E 1.3.2.3.5 - Estimación Generación_v3.0.pdf		
Ruta en archivo			
Estructura organizativa	Gerencia de Medio Ambiente y Territorio, Subdirección de Política, Planificación y Medio Ambiente, Dirección de Consultoría y Medio Ambiente, Dirección de Ingeniería y Servicios.		
Palabras clave			
Resumen del contenido			
<p>Versión 2 del documento “MODELOS DE GESTIÓN DE RESIDUOS – Estimación de la Generación de los diferentes tipos de residuos” (Hito 1.3.2.3.5, entregado el 28/06/2017, incorporando los cambios derivados de la revisión de AAUD (Informe de Revisión de AAUD del 19/07/2017).</p>			

## Índice

<b>0</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS .....</b>	<b>12</b>
	2.1 Alcance de los trabajos.....	15
	2.2 Metodología .....	16
	Metodología de caracterización en destino .....	16
	Metodología de caracterización en origen.....	24
	2.3 Trabajos de Caracterización de Residuos .....	25
	2.4 Trabajos de Caracterización de Residuos en Comarcas Indígenas.....	44
<b>3</b>	<b>ANALÍTICAS DE RESIDUOS.....</b>	<b>45</b>
	3.1 Metodología de preparación de la muestra.....	46
	3.1 Avances de los trabajos .....	49
<b>4</b>	<b>PREVISIONES DEMOGRÁFICAS .....</b>	<b>52</b>
	4.1 Evolución de la población por provincias y comarcas indígenas.....	52
	4.2 Previsiones demográficas 2010-2026 en provincias, distritos y corregimientos .....	55
<b>5</b>	<b>CÁLCULOS DE GENERACIÓN .....</b>	<b>56</b>
	5.1 Metodología General de Cálculo .....	56
	5.2 Análisis de conglomerados.....	57
	El Nivel Económico .....	58
	El Nivel de Actividades Agropecuarias .....	61
	5.3 Datos de partida, Generación de Residuos por vertedero.....	65
	5.4 Determinación de Niveles de Generación.....	66
	5.5 Estimación de la Generación Actual y el Año Horizonte .....	68
	5.6 Generación en Comarcas Indígenas .....	70

**ANEJOS**

**ANEJO 1: Metodología de caracterización de residuos aplicada a la Comarca Indígena de Guna Yala.**

**ANEJO 2: Composición de residuos por emplazamiento y por origen del residuo (Actividad Doméstica o Actividad Económica).**

**ANEJO 3: Toma de muestras de residuos sólidos para el análisis de parámetros físico-químicos en laboratorio**

**ANEJO 4: Fichas de caracterización de muestras**

**ANEJO 5: Ficha de pesajes realizados**

**ANEJO 6: Coeficientes correctores de generación.**

### **Acrónimos y abreviaturas**

AAUD: Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario

CFC's: Clorofluorocarbonos

IPH – Índice de pobreza humana

ONU – Organización de Naciones Unidas

PEAD: Polietileno de alta densidad

PET: Tereftalato de polietileno

PVC: Policloruro de vinilo

RAEE: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

UTM: Universal Transversal Mercator

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

### Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Metodología general de cálculo de generación.....	57
Ilustración 2. Indicadores que conforman el Índice de Pobreza Humana (IPH) .....	58
Ilustración 3. Índice de Pobreza Humana (IPH) por distritos.....	59
Ilustración 4. Mediana de ingresos por persona por corregimiento .....	60
Ilustración 5. Índices incluidos en el nivel de actividades agropecuarias.....	62
Ilustración 6. Nivel de actividades agropecuarias por corregimiento .....	62
Ilustración 7. Cluster de generación por corregimiento .....	68

## Índice de Figuras

Figura 1 – Estimación de la generación de residuos.....	11
Figura 2 - Localización de los emplazamientos seleccionados para la caracterización de residuos .....	14
Figura 3 - Tareas principales .....	16
Figura 4 - Ejemplo de básculas móviles diseñadas para el pesaje de vehículos pesados.....	17
Figura 5 - Proceso de pesaje y selección de vehículos.....	18
Figura 6 - Zonificación de áreas de trabajo.....	21
Figura 7 - Localización de la isla de Mammitupu (Comarca Guna Yala) .....	25
Figura 8 - Reacondicionamiento del área de trabajo en el vertedero de La Chorrera .....	28
Figura 9 - Porcentaje de muestras realizadas por emplazamiento. ....	30
Figura 10 - Número de muestras por distrito en Cerro Patacón y Chorrera .....	31
Figura 11 - Número de vehículos seleccionados en Cerro Patacón y La Chorrera por intervalo horario.....	32
Figura 12 - Imágenes del proceso de caracterización de muestras de residuos .....	34
Figura 13 - Composición promedio de los residuos originados por la Actividad Doméstica .....	38
Figura 14 - Composición promedio de los residuos originados por la Actividad Económica .....	39
Figura 15- . Evolución de la población por provincia y comarca indígena. 1990-2020 .....	53
Figura 16 - Evolución de la población por provincia y comarca indígena (sin la provincia de Panamá). 1990-2020 .....	53
Figura 17 - Distribución de la población por provincia y comarca indígena. 2010.....	54
Figura 18 - Distribución de la población por provincia y comarca indígena. 2020.....	54

## Índice de Tablas

Tabla 1. Emplazamientos seleccionados para la caracterización de residuos.....	13
Tabla 2. Clasificación de materiales por familias .....	22
Tabla 3. Emplazamientos analizados .....	25
Tabla 4. Volumen de residuos caracterizados por origen de residuos y emplazamiento (Kg) .....	27
Tabla 5. Número de muestras caracterizadas por origen del residuo y por emplazamiento .....	28
Tabla 6. Muestras de actividad doméstica por distrito de procedencia y porcentaje sobre el total de muestras domésticas caracterizadas. ....	31
Tabla 7. Número de camiones seleccionados por emplazamiento e intervalo horario .....	32
Tabla 8. Número de camiones seleccionados por origen de residuo y semana en Cerro Patacón y La Chorrera .....	33
Tabla 9. Número de camiones seleccionados procedentes de actividades económicas por empresa de recolección en Cerro Patacón .....	33
Tabla 10. Número de camiones seleccionados por empresa recolectora.....	34
Tabla 11. Peso promedio de las muestras caracterizadas .....	35
Tabla 12. Densidad media de los residuos por origen .....	36
Tabla 13. Composición de los residuos por origen (Act. Doméstica – Act. Económica).....	37
Tabla 14. Composición promedio de los residuos originados por la Actividad Doméstica y por emplazamiento analizado.....	40
Tabla 15. Composición promedio de los residuos originados por la Actividad Económica y por emplazamiento analizado.....	43
Tabla 16. Composición de los residuos en Comarcas Indígenas.....	44
Tabla 17. Composición de los residuos en Comarcas Indígenas.....	44
Tabla 18. Emplazamientos seleccionados para el análisis de sólidos.....	45
Tabla 19. Parámetros de análisis .....	49
Tabla 20. Distribución territorial por provincia en la República de Panamá .....	52
Tabla 21 – Población estimada por distritos.....	55
Tabla 22. Población según Índice de Pobreza Humana .....	59
Tabla 23. Población según nivel de ingresos .....	61
Tabla 24. Población según nivel agropecuario .....	62
Tabla 25. Centros iniciales de los Cluster.....	63
Tabla 26. Historial de iteraciones.....	63
Tabla 27. Centros finales de los Cluster .....	64
Tabla 28. corregimientos y Población en 2016 en cada uno de los conglomerados.....	64
Tabla 29. Generación y población por vertedero .....	65
Tabla 30. Generación en vertedero por Cluster .....	67
Tabla 31. Generación en vertedero, coeficientes correctores y generación en origen por Cluster.....	67
Tabla 32. Generación por persona y total en 2016 .....	68
Tabla 33. Escenario tendencial, generación por persona y total en 2026.....	69
Tabla 34. Escenario con PNIGR, generación por persona y total en 2026.....	69
Tabla 35. Diferencia de generación por persona y total en 2026 en el escenario tendencial y con PNGIR. ....	69
Tabla 35. Generación en origen en Comarcas Indígenas.....	70



## 0 RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento está enmarcado en el contrato referente al “Plan Nacional de Gestión Integral Residuos 2017-2027 de la República de Panamá” dentro del área concerniente al Modelo de Gestión de Residuos el cual se subdivide en tres bloques de trabajo principales:

- **El Diagnóstico de la Situación Actual** de todos aquellos aspectos relacionados con la gestión de residuos;
- la **Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos** que determinará qué cantidad de residuos se generan en la actualidad y cuál es la estimación de residuos prevista en los próximos años;
- y la **Propuesta de los modelos de gestión:** sobre la base de todo lo anterior se establecerá el modelo de gestión más adecuado a implementarse en el horizonte temporal del Plan.

Este entregable relativo al segundo bloque de trabajo, correspondiente con la *Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos*, muestra como avances principales sobre las entregas anteriores el grado de ejecución de las caracterizaciones llevadas a cabo durante este último periodo. Tras los resultados mostrados en la entrega bimestral anterior en la que se recogían datos de composición de los emplazamientos de Cerro Patacón, la Chorrera y otros 13 emplazamientos, en este informe se incorporan los resultados de 16 emplazamientos más.

En total, se han caracterizado 1,076 muestras. En vertedero han sido tomadas 1,046, de las cuales 839 muestras (80%) han sido tomadas sobre residuos generados por la actividad doméstica (hogares), y 207 son referentes a residuos generados por las actividades económicas (servicios, comercios e industrias). En origen en Comarcas Indígenas fueron tomadas 30 muestras.

Los emplazamientos con más muestras caracterizadas de residuos generados en los hogares como estaba previsto, son Cerro Patacón y La Chorrera (con 364 y 144 muestras respectivamente) y Cerro Patacón para residuos de actividades económicas (con 165 muestras).

Se presentan en el informe un análisis de la distribución de las muestras caracterizadas, así como la composición de residuos en cada emplazamiento en función del origen (doméstico o de actividad económica).

Adicionalmente se explica la metodología seguida para la caracterización de las comarcas indígenas y los resultados de caracterización en las mismas.

A su vez, el documento recoge la toma de muestras de residuos sólidos para el posterior análisis de parámetros físico-químicos en laboratorio. En total se han formado 124 muestras de sólidos, recogidas en 31 emplazamientos. Se adjunta como anejo, los resultados de las analíticas de sólidos realizadas.

En este documento se incluye también el cálculo de la generación de residuos del total del país en la actualidad y en el año horizonte. Los datos de población que se utilizan, 2016 y 2026, constituyen la base para el cálculo de la generación de residuos.

La metodología seguida para el cálculo de la generación consta de dos líneas de análisis que comienzan de forma independiente para converger finalmente, permitiendo la obtención de resultados de generación a nivel de corregimiento. Estas dos líneas de análisis son:

- Un análisis de conglomerados o *Cluster*, con el fin de agrupar a los corregimientos en grupos homogéneos por la cantidad de generación.
- Los datos de generación de una serie de vertederos, donde se han realizado pesajes.

---

**Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.**

El análisis de los datos de los vertederos permite establecer unos datos medios para cada uno de los niveles previamente definidos en los conglomerados. La asignación a todos los corregimientos de un nivel de generación, da como resultado la generación total del país con niveles intermedios de detalle, entre este y el corregimiento.

## 1 INTRODUCCIÓN

El nuevo *Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos*, es el instrumento que vertebrará la gestión de residuos en Panamá y definirá las directrices, los objetivos y las principales líneas de actuación a ejecutar en los próximos años en esta materia, en concreto para el periodo comprendido entre los años 2017-2027.

Este Plan está basado en un Modelo de Gestión para cada tipo de residuo que define entre otros aspectos las bases para las futuras acciones sobre contenerización, recogida y transporte de residuos, así como sobre el tratamiento, valorización y los posibles depósitos en rellenos sanitarios.

Para ello se requiere conocer de la forma más precisa posible las respuestas a las siguientes cuestiones:

- Volumen de residuos generados para las diferentes tipologías de residuos
- Composición de los residuos generados
- Previsión futura de generación de cada uno de los tipos de residuos

El establecimiento de la línea de trabajo de *Estimación de la generación de residuos* busca responder a estas cuestiones mediante las siguientes acciones:

**Figura 1 – Estimación de la generación de residuos**



## 2 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

La cantidad y composición de los residuos son considerados aspectos clave sobre los que se apoyan las estrategias diseñadas para su correcta gestión. Su conocimiento es esencial para dimensionar de forma adecuada las necesidades de los sistemas de recogida y transporte, así como las capacidades de las instalaciones de tratamiento y eliminación a las que serán derivados.

La caracterización de residuos, concretamente, es un método de estimación estadística, basado en la selección de un número acotado de muestras. Sobre estas muestras se procede a su desagregación en los diferentes materiales que lo integran. El pesaje de esos materiales separados permite conocer el porcentaje en peso que supone cada uno de ellos sobre el total de la muestra y, por ende, sobre el total del residuo generado en un determinado flujo.

El resultado de una caracterización es, por tanto, la desagregación en materiales uniformes de un flujo agregado. Con el suficiente número de caracterizaciones se consigue que el dato medio sea representativo, en función del nivel de confianza y del error muestral aceptado en el tipo de distribución estadística que ofrezcan los resultados. Con todo ello, se obtiene una aproximación de la composición de residuos de cada tipo y de las cantidades totales generadas brutas a nivel de materiales.

Una de las carencias del actual sistema de gestión de residuos en Panamá es que no existe un sistema que permita conocer la cantidad de residuos que se generan en cada uno de los emplazamientos de vertido, dado que no existen básculas que registren los pesos de los vehículos a las entradas a estos vertederos salvo en 3 de los 63 emplazamientos inventariados: Relleno Sanitario de Cerro Patacón, y vertederos de La Chorrera y Colón Monte Esperanza.

Es por ello que, en los trabajos destinados a la caracterización de los residuos, se establecieron tareas adicionales que permitieron registrar las cantidades que se depositan durante un periodo de tiempo en cada uno de los 36 emplazamientos seleccionados. De esta forma se extrapolaron los resultados de las caracterizaciones para estimar la cantidad y composición de los residuos generados en todo el país.

Con el fin de conocer la generación de residuos y su composición, Ineco ha contado con la subcontratación de estas actividades que se llevarán a cabo en 31 de los 63 vertederos identificados por la AAUD y en 4 comarcas indígenas. Pese a que en un principio el estudio se iba a realizar en 33 vertederos, en el vertedero de Colón Monte Esperanza no se obtuvo permiso para acceder, a pesar de haberlo solicitado por intermediación de la AAUD. En el vertedero Clandestino Soná, no se obtuvo acceso debido a que es un vertedero con residuos de restos de animales que además es de propiedad privada.

Los vertederos a estudiar fueron seleccionados inicialmente por la AAUD. Los emplazamientos de las comunidades indígenas se han seleccionado en base al Plan Maestro de Turismo Sostenible (2007-2020) y teniendo en cuenta otros criterios tales como comunidades indígenas donde el turismo llega/ no llega. En este estudio se han establecido las áreas de las comarcas indígenas en las que el Plan Maestro prevé el desarrollo de un cierto tipo de turismo interesado en aspectos culturales sobre estas comunidades, algunos de los cuales ya eran objeto de este tipo de turismo. Para seleccionar el núcleo específico de estas comarcas, se ha acudido a información publicada por Contraloría sobre la división administrativa y censo poblacional de estas comunidades, seleccionando los núcleos cabecera de los corregimientos. Se han seleccionado las 3 comarcas indígenas más significativas: Embera (1), Kuna-Yala (2) y Ngäbe-Buglé (1).

En la siguiente tabla y su correspondiente figura se especifican los emplazamientos y su localización sobre los que se han llevado a cabo los trabajos relativos a la caracterización de residuos:

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

**Tabla 1. Emplazamientos seleccionados para la caracterización de residuos**

Provincia	Emplazamientos	Coordenadas UTM (X / Y)
Panamá	Cerro Patacón	657609 / 1000987
Chiriquí	David	337466 / 931207
Veraguas	Santiago	501461 / 905029
Darién	Metetí	831981 / 947666
Herrera	Chitré	565568 / 882409
Bocas del Toro	Isla Colón	358550 / 1038619
Chiriquí	Puerto Armuelles	293000 / 922177
Panamá	La Chorrera	637850 / 978211
Coclé	Penonomé	569720 / 935532
Chiriquí	Boquete	344722 / 956654
Los Santos	Las Tablas - Santo Domingo	588673 / 858909
Coclé	Aguadulce	549748 / 906241
Los Santos	La Villa	574708 / 873104
Veraguas	Sona	467290 / 880835
Herrera	Pese	541628 / 874460
Panamá	Chame	624215 / 956073
Panamá	Chepo	707288 / 1012688
Darién	Santa Fe	812315 / 956934
Herrera	Ocú	520174 / 881549
Los Santos	Pedasí	601234 / 834433
Colón	Santa Isabel	664893 / 1058267
Bocas del Toro	Chiriquí Grande	373850 / 989266
Coclé	El Jobo	577145 / 930871
Los Santos	Guararé	582025 / 865823
Bocas del Toro	Changuinola	336747 / 1038235
Los Santos	Macaracas	549274 / 856127
Veraguas	Atalaya	507959 / 883784
Veraguas	Montijo	491641 / 884807
Chiriquí	Gualaca	357601 / 942760
Veraguas	La Mesa	481444 / 901611
Chiriquí	Tolé	424752 / 910001

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Provincia	Emplazamientos	Coordenadas UTM (X / Y)
Comarca Kuna Yala	Isla de Mammitupu Isla Aguja	806078 / 1030517 725771 / 1049866
Comarca Ngäbe-Buglé	Quebrada Guabo	408470 / 922344
Comarca Emberá-Wounaan	Arimae	

Figura 2 - Localización de los emplazamientos seleccionados para la caracterización de residuos



Inicialmente se encontraron dificultades que han retrasado la formalización de dicha subcontratación ocasionadas principalmente por:

- El escaso número de empresas con experiencia en la caracterización de residuos
- Escaso número de empresas con la capacidad logística necesaria para poder desarrollar los trabajos en el tiempo y la forma requerida
- Dificultades para la adquisición de algunos medios técnicos, fundamentalmente las básculas móviles para el pesaje de los vehículos pesados a la entrada de los vertederos ya que en el país sólo existen 3 básculas de registro de peso de los vehículos que entran (Cerro Patacón, Chorreras y Colón).
- Formación de los supervisores de las caracterizaciones y de los pepenadores que las realizarán

La ejecución de la primera campaña de estos trabajos fue encomendada a la empresa panameña *Lininvestor Group* durante el periodo Agosto-Diciembre de 2016. Para la segunda campaña se contó con la empresa *Cadicsa* que realizó las caracterizaciones entre marzo y mayo de 2017.

Cabe mencionar que en la metodología utilizada se han considerado dos tipos de origen de residuos a caracterizar: residuos de origen doméstico y los procedentes de la actividad económica. La razón de esta

#### Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

selección se basa en diferenciar aquellos residuos que serán susceptibles de la prestación de un servicio público (residuos domésticos) de aquellos que pueden no serlo, por ser generados por una actividad con ánimo de lucro.

La composición, en ambos casos, será estudiada diferenciando un número extenso de materiales (56 tipos). Tal nivel de detalle es requerido porque serán los datos de partida que permitirán:

- Contar con la información necesaria para el diseño futuro de instalaciones destinadas a la separación y clasificación de materiales reciclables.
- Generar la información requerida para la evaluación futura de los valores económicos aproximados derivados de la aplicación del principio de responsabilidad extendida del productor.
- Generar la información suficiente para evaluar los volúmenes de contenerización necesarios en las posibles alternativas de modelos de gestión.
- Elaborar la información suficiente para conocer los volúmenes de generación de diferentes tipos de residuos.
- Generar la información necesaria para conocer la potencialidad térmica de los residuos generados en Panamá, así como su contenido orgánico (complementariamente a ciertos resultados que se desprendan de las analíticas de sólidos) de cara a analizar las posibilidades de infraestructuras de tratamientos más adecuadas para Panamá.

## 2.1 ALCANCE DE LOS TRABAJOS

Como se ha comentado con anterioridad, el alcance de los trabajos comprende el pesaje y caracterización de los residuos en 31 emplazamientos más 4 Comarcas Indígenas).

En el caso de los vertederos, el muestreo comprende el estudio en cada emplazamiento durante un periodo máximo de 14 días, a excepción del Relleno Sanitario de Cerro Patacón y del vertedero de La Chorrera en los cuales los muestreos han sido realizados de forma continuada durante más de 10 semanas.

Para Comarcas Indígenas sin embargo, el tiempo de trabajo fue de 5 días para cada una, habiéndose realizado un total de 30 muestras.

El número de muestras totales en vertedero final realizado es de 1,046 muestras:

- **839 muestras procedentes de residuos generados en los hogares.** Cada muestra está formada por 200-250 kg aproximadamente, con la excepción de camiones de pequeño tonelaje para los cuales el peso mínimo de las muestras es de 150 Kg
- **207 muestras procedentes de residuos de actividades económicas** (residuos de empresas, restauración, comercios, mercados, etc.). Cada muestra a caracterizar estará formada por 50-100 kg aproximadamente.

Debido a diferentes problemas surgidos durante las caracterizaciones, en el documento relativo a la Planificación prevista de las caracterizaciones, anexo en entregas bimestrales anteriores, se cambió el orden de ejecución de los trabajos previsto sobre cada emplazamiento, así como la duración y el número

**Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.**

de muestras a realizar en cada ubicación, tanto para residuos de origen doméstico como de residuos procedentes de actividades económicas.

La actividad de caracterización de residuos sólidos ha constituido un ambicioso trabajo, fundamental para el desarrollo del Plan. Todas las cuestiones relativas a esta actividad han sido tratadas en detalle con la Dirección del Estudio de la AAUD y los resultados obtenidos son el fruto de la planificación continua basada en los datos recopilados durante las visitas previas realizadas a cada uno de los vertederos por parte de técnicos de Ineco. En estas visitas se recabó información relativa al número de camiones de entrada diarios a cada emplazamiento, frecuencia de recolección, tipo de vehículos, días de apertura del vertedero, empresas más importantes que depositan sus residuos en cada emplazamiento, así como la frecuencia con la que lo hacen y su procedencia.

## 2.2 METODOLOGÍA

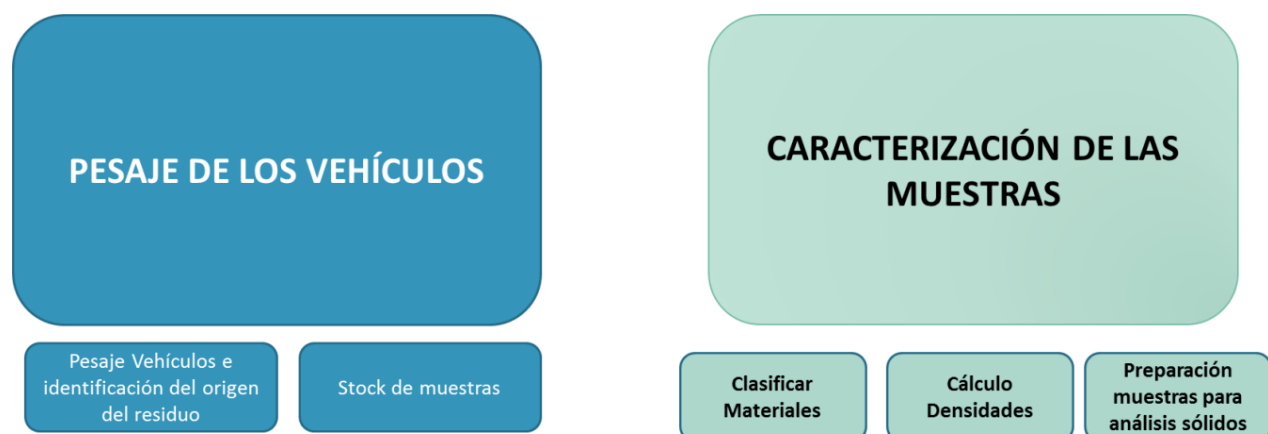
### METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN EN DESTINO

Esta metodología se basa en analizar muestras seleccionadas en el punto de destino de los residuos recolectados.

Las tareas principales desarrolladas en esta línea de trabajo se pueden desglosar en dos bloques principales:

- 1.- El primero de ellos consiste en obtener el peso y origen de todos los vehículos a la entrada en cada uno de los vertederos durante un periodo de tiempo. Esta primera tarea tiene como acción adicional asociada el stock de muestras para asegurar, en todo momento, que existe un número suficiente para poder caracterizar, optimizando así el tiempo de caracterización.
- 2.- El segundo bloque principal tiene por objeto el caracterizar las muestras de residuos. Para ello se desagregará la muestra en los diferentes materiales que la componen. Además, se calculará la densidad de los residuos antes y después de la apertura de las bolsas, y se prepararán las muestras sólidas para su posterior análisis en laboratorio.

**Figura 3 - Tareas principales**



#### *Pesaje de los vehículos*

Mediante los trabajos asociados a esta subcontratación, se registró el peso de vehículos que vierten en los emplazamientos seleccionados. En aquellos emplazamientos donde no existe una báscula fija de



Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

pesaje, se colocaron básculas móviles para vehículos pesados hasta de 20 toneladas por eje aproximadamente.

Figura 4 - Ejemplo de básculas móviles diseñadas para el pesaje de vehículos pesados



La precisión de estas básculas puede verse influenciada por la superficie de apoyo. Por ello se buscó que la base fuese lo más plana y firme posible. Dado que en la mayor parte de los emplazamientos no se disponía de superficies pavimentadas, se colocaron de base para estas básculas unas planchas metálicas de, al menos, un centímetro de grosor. Para ello, previamente al comienzo de la propia actividad de caracterización de las muestras, se realizaron labores de acondicionamiento del terreno y de instalación de las básculas de pesaje.

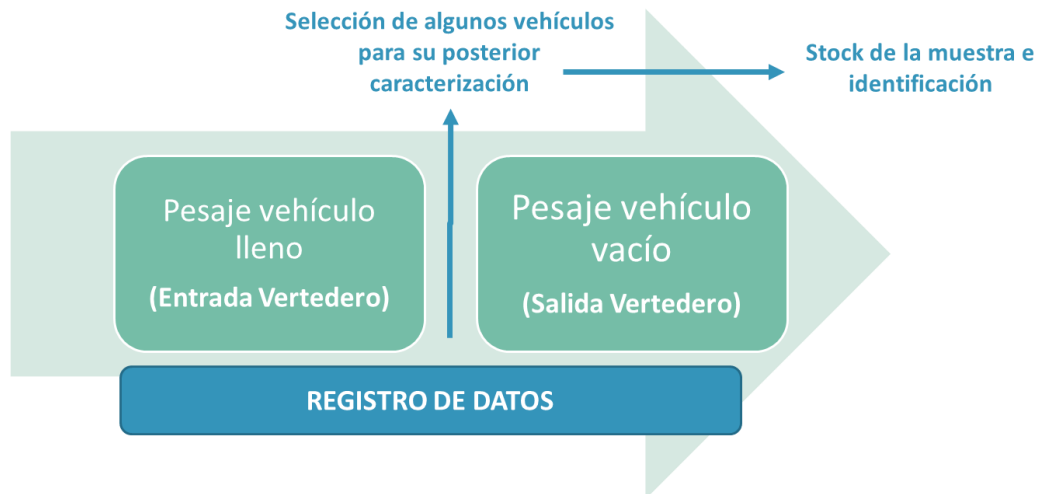
Para conocer la cantidad de residuos que llegan a cada emplazamiento, cada uno de los vehículos fue pesado a la entrada (camión lleno) y a la salida de los vertederos (camión vacío tras la descarga), obteniendo por diferencia el peso neto de residuos vertidos. Estos datos se registraron en una ficha de registro diseñada a tal fin, cuyo modelo se presenta en el anejo al entregable presentado en periodos anteriores.

De todos los vehículos que entran a estos emplazamientos, algunos se seleccionaron para ser caracterizados posteriormente. En estos casos, el vehículo descargó los residuos en una zona separada,

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

zona de acopio, y la muestra fue identificada con un código de forma unívoca para su posterior caracterización.

Figura 5 - Proceso de pesaje y selección de vehículos



La selección de los vehículos contempla cierta aleatoriedad con el fin de que las muestras caracterizadas representen de la mejor manera posible la realidad.

Con este fin, se siguió el siguiente método de selección de muestras, dependiendo de si la procedencia del residuo es de los hogares o si por el contrario los residuos son generados por una actividad económica.

En cuanto al peso de la muestra, las muestras para caracterización de residuos domésticos son de unos 250 kg mientras que las muestras para caracterización de residuos de actividades económicas unos 50-100 kg.

- a) Para muestras de residuo de origen doméstico:
  - En aquellos emplazamientos donde estaba previsto analizar menos de 14 muestras en cada campaña debido a la escasa frecuencia de la recolección, se caracterizaron todos los vehículos que accedieron al vertedero. Esto es debido a que son ubicaciones que presentan un aforo reducido de camiones, por lo que se deben de seleccionar todos los vehículos con el fin de asegurar la existencia de muestras suficientes a caracterizar en todo momento.
  - Los emplazamientos donde estaba prevista la caracterización de 14 muestras por campaña, es debido a que presentan un aforo de vehículos suficiente. En estos casos, para la selección de la muestra se escogieron los dos primeros vehículos de entrada el primer día, los dos segundos el segundo día, los dos terceros el tercer día y así sucesivamente.
  - En el caso de Cerro Patacón y La Chorrera, el método de selección de los vehículos a muestrear vino establecido por una hora aleatoria, de tal modo que los primeros camiones que accedieron al emplazamiento después de dicha hora fueron los seleccionados para proceder al muestreo de sus residuos.
  
- b) Para muestras de residuo procedentes de actividades económicas:

#### Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

- En todos los emplazamientos excepto en Cerro Patacón, se seleccionaron todos los vehículos que entraron con residuos de este origen para garantizar el número de muestras a caracterizar.
- En el caso de Cerro Patacón, el muestreo vino determinado por un estudio previo de los registros de entrada correspondientes al año 2015 con el fin de seleccionar los residuos procedentes de diferentes actividades económicas.

En todos los casos, se siguió el principio de asegurar la existencia de muestras mínimas para su posterior caracterización.

En el Anejo 5 de este documento se puede consultar la tabla de datos de pesaje obtenidos en los diferentes emplazamientos en los que se realizaron los mismos. Para los emplazamientos de Cerro Patacón y La Chorrera se emplearon los datos facilitados por la AAUD, ya que el registro de pesajes es diario y de todos los camiones que entran en el vertedero.

#### Caracterización de las muestras

##### Equipos materiales requeridos

La caracterización de residuos implica una separación minuciosa de cada uno de los materiales que componen una muestra. Para ello se requiere disponer de una serie de medios materiales que se especifican a continuación:

- **Palas mecánicas:** La caracterización no se realiza sobre el total del contenido de un vehículo sino sobre una porción representativa de éste formada por aproximadamente 200 kg en el caso de residuos de procedencia doméstica y de 50-100 kg para los vehículos que proceden de actividades económicas. Para que la muestra seleccionada sea lo más representativa posible de ese camión, se procede al volteo y homogeneización de la muestra en varios puntos del proceso como se explicará posteriormente. Estas labores de homogeneización se ejecutan utilizando medios mecánicos preferentemente. En caso de no disponer de ellos, se realizó a través de palas manuales.
- **Cribas de 70 mm:** Se procesa toda la muestra con una criba manual de características similares, aplicando movimiento durante 30 segundos. Esta acción por lo tanto genera dos sub-muestras. El objetivo de emplear una criba es evaluar las cantidades estimadas de los materiales superiores e inferiores a 70mm, dado que gran parte de la materia orgánica debe poder atravesar la criba. Este dato ayuda a estudiar el comportamiento de los flujos en un trómel de las futuras plantas de clasificación que se preverán en el Plan.
- **Barras de imanes:** Sobre cada una de las sub-muestras resultantes del cribado se hizo pasar una barra de imanes lo que permite conocer la cantidad de metales férricos y los que no son férricos.
- **Contenedores de al menos 120 litros:** Este tipo de contenedores (de un volumen conocido y de al menos 120 litros) se utilizaron para determinar la densidad de los residuos. La densidad se calculó en dos puntos del proceso: se realiza una medición sobre la muestra total descargada por el camión donde las bolsas siguen cerradas, y posteriormente sobre la muestra después de haber procedido a la homogeneización y cuarteo de la muestra total donde las bolsas ya se encuentran abiertas y por lo tanto la densidad es diferente. Para el cálculo de la densidad se llena hasta enrasar el contenedor y se procede a su pesaje, obteniendo de este modo la relación peso/volumen existente.

#### Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

- **Lonas de plástico:** La separación en materiales de la muestra se debe de realizar sobre una lona de plástico fundamentalmente por dos motivos: el primero de ellos es para evitar la contaminación de la muestra por el suelo sobre el que se realiza el trabajo y la segunda razón está referida a contener los materiales de pequeño diámetro, arenas, etc. que se deben de contabilizar también para tener perfectamente caracterizado el 100% de la muestra.
- **Toldos:** Con el fin de proteger a la muestra y a los segregadores del sol y de la lluvia.
- **Mesas plegables:** Realizar la separación en mesas plegables facilita la tarea a los segregadores.
- **Balanzas de materiales:** Una vez separados los 56 materiales, estos deben de ser pesados en una balanza de acero inoxidable que permita hasta 250 kg de peso con una precisión de 50 gramos.
- **Cintas de señalización:** Con el fin de señalar el área de trabajo y reducir los riesgos en zonas donde es habitual el tránsito de vehículos.
- **Equipos de protección personal:** Los segregadores que participaron en las tareas de caracterización de residuos contaron con las medidas de protección personal necesarias (guantes, etc.). En todo momento durante las tareas de caracterización de residuos se siguió el principio de precaución. Por ello no se caracterizó ninguna muestra con evidencias de residuo hospitalario.

#### Equipos humanos requeridos

El equipo de caracterizaciones en cada emplazamiento contó con un supervisor de los trabajos y con el número de operarios necesarios para la caracterización del tamaño de muestra indicado/día.

El número de caracterizadores estimado es de 8 personas por muestra en aquellas de residuos generados en los hogares (origen doméstico) y de 4 para aquellas de origen de actividades económicas.

A su vez, se requirió de personal adicional para realizar el registro del basculaje, y para el apartado de las muestras tras la descarga de los camiones y su identificación posterior en el caso de que su muestreo no fuese inmediato.

#### Zonificación del área de trabajo

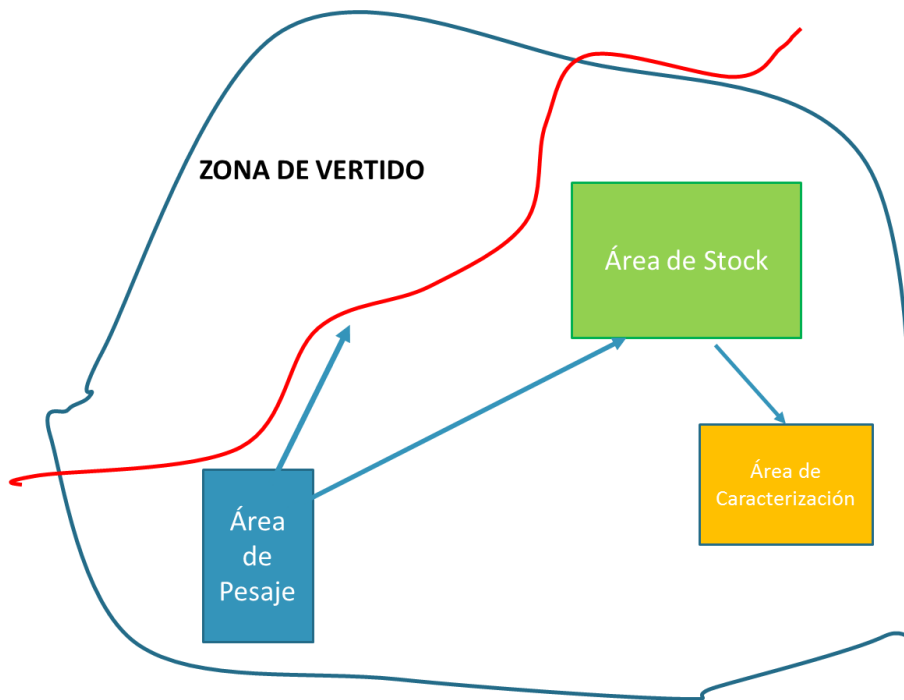
En cada uno de los emplazamientos se determinan varias zonas de trabajo:

- 1.- Área de pesaje:** zona en la que se instala la báscula móvil destinada al pesaje de los vehículos en los emplazamientos que no disponen de báscula fija.
- 2.- Área de vertido:** zona en la que se vierten los residuos de aquellos camiones que no hayan sido seleccionados para su caracterización.
- 3.- Área de Stock:** zona donde los vehículos que han sido seleccionados para su caracterización, proceden a la descarga con el fin de separar e identificar la muestra hasta el momento de su caracterización. En la zona de stock se realizan todas las tareas correspondientes al cuarteo y homogeneización de los residuos hasta obtener la cantidad definitiva a clasificar por materiales.

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

**4.- Área de caracterización:** las muestras resultantes del cuarteo y homogeneización, se trasladarán del área de stock al área de caracterización donde los segregadores proceden al cribado y clasificación de los residuos en los 56 materiales para su posterior pesaje.

Figura 6 - Zonificación de áreas de trabajo



Procedimiento de caracterización de residuos

Una vez que un camión ha sido seleccionado y pesado conforme al procedimiento indicado en apartados anteriores, sus residuos llegan al área de stock donde el camión procede al vaciado de su carga. Esta muestra es identificada adecuadamente. Posteriormente se puede iniciar el propio proceso de caracterización de la muestra según el siguiente procedimiento:

**1.- Cálculo de la densidad [D1]:** Con el fin de conocer la densidad del residuo contenido en el vehículo, se llena un cubo de al menos 120 litros con las bolsas cerradas y demás residuos que haya descargado el vehículo hasta su enrase. Una vez que el cubo está perfectamente enrasado, se procede a su pesaje en la balanza de materiales con el fin de determinar la relación peso/volumen existente.

**2.- Proceso de homogenización y cuarteo:** Para caracterizar una muestra representativa del contenido del vehículo seleccionado, se sigue un proceso iterativo de homogenización y cuarteo de la muestra total hasta lograr la muestra final a caracterizar.

La muestra total es volteada y mezclada (homogenizada) utilizando medios mecánicos siempre que sea posible (en su defecto se utilizarán palas manuales).

**3.- Cálculo de la densidad [D2]:** Sobre la muestra conformada se procede a realizar un nuevo cálculo de densidad siguiendo el mismo procedimiento explicado anteriormente (Cálculo densidad [D1]). Así se conoce la densidad del residuo con las bolsas abiertas.

**4.- Traslado de la muestra a segregar de la zona de stock a la zona de caracterización:** Este traslado se hace con medios mecánicos si se dispone de ellos o en su defecto a través de los cubos de 120 litros.

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

**5.- Cribado de la muestra:** En este momento se procede al cribado de la muestra seleccionada aplicando un movimiento vibratorio durante 30 segundos aproximadamente. Este cribado provoca la división en dos sub-muestras; los residuos de menor tamaño que superan la luz de malla y aquellos que no superan la criba por ser superiores a 70 mm.

**6.- Extendido de las sub-muestras y paso de la barra de imán:** Una vez cribados los residuos, estos son extendidos para posteriormente pasar una barra de imán sobre cada una de las sub-muestras con el fin de determinar la cantidad de residuos metálicos que serán por sus propiedades magnéticas.

**7.- Clasificación en grandes familias de materiales (categoría primaria) y en materiales (categoría secundaria):** Cada una de las sub-muestras formadas se clasifican en 16 grandes familias como primer paso, para facilitar la separación posterior en los 56 materiales.

Tabla 2. Clasificación de materiales por familias

Categoría primaria	Categoría secundaria
<b>1. Orgánica</b>	Materia orgánica (Residuos alimentarios)
	Residuos biodegradables no leñosos de parques y jardines
	Residuos biodegradables leñosos de parques y jardines
<b>2. Celulosas</b>	Celulosas
	Pañales
<b>3. Madera</b>	Madera NO envase
	Madera envase
<b>4. Papel Cartón</b>	Papel impreso
	Cartón envase doméstico
	Cartón envase comercial
<b>5. Envases complejos</b>	Brik. Carton para bebida
	Laminados complejos
<b>6. Textiles</b>	Ropas (prendas usadas, marcas falsificadas, etc)
	Textiles no envases (trapos)
<b>7. Cueros</b>	Cuero
<b>8. Plásticos</b>	Plástico doméstico no envase
	Plástico comercial/Industrial (no doméstico) envase
	Plástico comercial/Industrial (no doméstico) no envase
	PET
	PEAD Natural
	PEAD Color

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Categoría primaria	Categoría secundaria
	PEAD negro
	Plástico envases mezcla
	PVC
	Film Blanco
	Film Color
<b>9. Vidrio</b>	
	Vidrio envase
	Vidrio hospitalario no peligroso
	Vidrio NO envase
<b>10. Metales</b>	
	Acero envase
	Acero NO envase
	Acero envase comercial / industrial
	Aluminio envase
	Aluminio NO envase
	Aluminio envase comercial / industrial
<b>11. RAEE</b>	
	Equipos eléctricos y electrónicos con CFC's
	Equipos eléctricos y electrónicos sin CFC's ni Hg
	Tubos Fluorescentes
<b>12. Residuos peligrosos/especiales</b>	
	Baterías de plomo
	Pilas Ni-Cd
	Pilas botón
	Productos químicos
	Restos Hospitalarios Punzantes e infecciosos
	Radiografías (Productos Fotoquímicos)
	Películas y Papel Fotográfico
	Restos de medicamentos
	Neumáticos / Llantas
	Cables
	Aceites usados
<b>13. Inertes</b>	
	Cerámica
	Restos de obras menores
	Tierra y piedras
<b>14. Voluminosos</b>	
	Voluminosos (Madera)
	Voluminosos (Metal)
	Voluminosos (Colchones)

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Categoría primaria	Categoría secundaria
15. Miscelánea (Resto material no clasificable y finos)	

**8.- Pesaje de materiales:** Una vez categorizados y agrupados los materiales que conforman cada una de las sub-muestras en los 56 tipos posibles, se procede a su pesaje en la balanza de piso de acero inoxidable y a la anotación de los resultados obtenidos en una ficha diseñada para tal fin.

**9.- Operaciones de validación:** Para asegurar que la toma de datos se realiza de forma correcta y con el objetivo de detectar posibles desviaciones metodológicas, se hace un seguimiento diario de los resultados obtenidos en cada una de las caracterizaciones llevadas a cabo. Para ello, la empresa subcontratada envía a diario las fichas de datos completadas. De forma adicional, se realizarán fotos a lo largo de todo el proceso las cuales también son enviadas para su comprobación.

Las fotos deberán reflejar al menos los siguientes momentos del proceso de caracterización llevado a cabo:

- Selección del vehículo
- Identificación de la muestra
- Proceso de homogenización
- Cuarteos realizados
- Cuarteo seleccionado como muestra a procesar
- Agrupaciones por materiales
- Pesaje de al menos los 5 grupos que presenten mayor cantidad de residuos o aquellos considerados más representativos.

#### METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN EN ORIGEN

Para las comarcas indígenas se ha elegido otra metodología de caracterizaciones para la selección de las muestras que en este caso se seleccionan en el punto de origen, es decir, en las viviendas de una muestra poblacional de la comunidad.

El proceso de muestreo en las comarcas indígenas presenta ligeras variaciones con respecto a lo explicado en el punto anterior.

En líneas generales, los residuos son caracterizados de la misma forma que en resto de emplazamientos (en 56 materiales) pero debido al diferente funcionamiento organizativo de estas zonas con respecto al resto de municipios del país, la metodología se ha adaptado dado que requiere que las muestras de residuos a caracterizar no sean tomadas en destino (a su llegada al vertedero) sino que sean captadas en su origen (directamente cogiendo los residuos en bolsas los hogares de las comunidades).

Durante este último periodo de trabajo, se ha realizado el proceso de caracterización completo en las 4 comunidades indígenas previstas.



Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Figura 7 - Localización de la isla de Mammitupu (Comarca Guna Yala)



En el *Anejo 1* de la entrega anterior se puede consultar la metodología diseñada específicamente para su ejecución, así como un resumen de los trabajos realizados en esta comunidad.

### 2.3 TRABAJOS DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

En las siguientes páginas se muestran los trabajos de caracterización realizados.

En este último periodo se han finalizado las caracterizaciones en 16 vertederos adicionales a los que ya estaban siendo objeto de trabajo en el periodo anterior, lo que ha permitido ampliar notablemente la información acerca de la composición de los residuos en la República de Panamá. Los resultados procedentes de los trabajos de caracterización en las Comarcas Indígenas se incluyen en un apartado posterior.

Tabla 3. Emplazamientos analizados

Emplazamientos estudiados	
1	Cerro Patacón
2	La Chorrera
3	Chitré
4	Changuinola

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

5	Chiriquí Grande
6	Macaracas
7	Guararé
8	Las Tablas
9	La Villa
10	Pedasí
11	Pesé
12	Ocú
13	El Jobo
14	Penonomé
15	Isla Colón
16	Montijo
17	Soná
18	Santiago
19	David
20	Puerto Armuelles
21	Boquete
22	Gualaca
23	Tolé
24	Aguadulce
25	Santa Isabel
26	Chame
27	Metetí
28	Santa Fe (Darien)
29	La Mesa
30	Atalaya
31	Chepo

Las siguientes páginas permiten obtener un primer análisis de las caracterizaciones realizadas, existiendo datos evaluables tanto a nivel global como a nivel particular, distinguiendo entre los distintos emplazamientos, así como entre las muestras compuestas por residuos procedentes de actividades domésticas (hogares) y las muestras de residuos producidos por actividades económicas (comercios, servicios e industrias).

*Cantidad de residuos caracterizados*

Hasta el día 15 de junio de 2017, **han sido caracterizados un total de 1,046 muestras lo que supone el análisis de la composición por materiales de 140.5 toneladas de residuos.** Las muestras proceden fundamentalmente de residuos originados por los hogares suponiendo éstas el 89% del total (124,7 toneladas frente 15,7 toneladas correspondientes a los residuos procedentes de actividades económicas).

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Tabla 4. Volumen de residuos caracterizados por origen de residuos y emplazamiento (Kg)

ORIGEN DE GENERACION	VERTEDERO	PESO ACUMULADO DE MUESTRAS CARACTERIZADAS POR EMPLAMIENTO (Kg)
ACTIVIDAD DOMÉSTICA	Cerro Patacón	85,376.9
	Chorrera	29,696.0
	Chitré	3,882.2
	Changuinola	1,559.7
	Chiriquí Grande	1,766.6
	Macaracas	1,467.5
	Guararé	1,705.1
	Las Tablas Santo Domingo	2,704.0
	La Villa	503.8
	Pedasí	2,428.1
	Pesé	1,299.6
	Ocú	4,099.2
	El Jobo	2,499.8
	Penonomé	3,158.3
	Isla de Colón	2,287.8
	Montijo	1,363.6
	Soná	1,862.9
	Santiago	1,739.7
	David	2,104.0
	Puerto Armuelles	2,429.1
	Boquete	2,384.3
	Gualaca	936.9
	Tolé	528.5
	Aguadulce	2,129.5
	Santa Isabel	2,555.8
	Chame	1,856.1
	Metetí	2,622.0
	Santa Fe (Darién)	2,693.8
	La Mesa	1,099.9
	Atalaya	1,213.3
	Chepo	1,783.7
	ACTIVIDAD ECONÓMICA	Cerro Patacón
Chitré		473.0
Las Tablas Santo Domingo		107.6
La Villa		108.4
Pesé		70.8
Penonomé		425.7

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

ORIGEN DE GENERACION	VERTEDERO	PESO ACUMULADO DE MUESTRAS CARACTERIZADAS POR EMPLAMIENTO (Kg)
	Isla de Colón	120.7
	Santiago	510.9
	David	530.6
	Puerto Armuelles	129.3
	Aguadulce	201.3
	Chame	454.0
	Chepo	460.3
<b>Total (Kilogramos)</b>		<b>191,848.4</b>

Fuente: Elaboración Propia

En gran parte de los vertederos antes de comenzar con las caracterizaciones se han realizado tareas previas de acondicionamiento y preparación de las zonas de trabajo para poder disponer de áreas adecuadas para el correcto desempeño de las tareas.

**Figura 8 - Reacondicionamiento del área de trabajo en el vertedero de La Chorrera**



*Número de muestras realizadas*

El mayor número de muestras procesadas han sido recolectadas en el relleno sanitario de Cerro Patacón seguido del vertedero de La Chorrera, al ser los emplazamientos en los que más tiempo se ha trabajado y donde mayor número de muestras habían sido programadas.

Cabe resaltar, como se refleja en la siguiente tabla, que al igual que sucede con las muestras de residuos de origen doméstico, aquellas muestras procedentes de actividades económicas están siendo concentradas principalmente en el relleno sanitario de Cerro Patacón, al ser el emplazamiento que da servicio al área de Ciudad de Panamá el cual es el distrito con mayor relevancia sobre la actividad económica del país.

**Tabla 5. Número de muestras caracterizadas por origen del residuo y por emplazamiento**

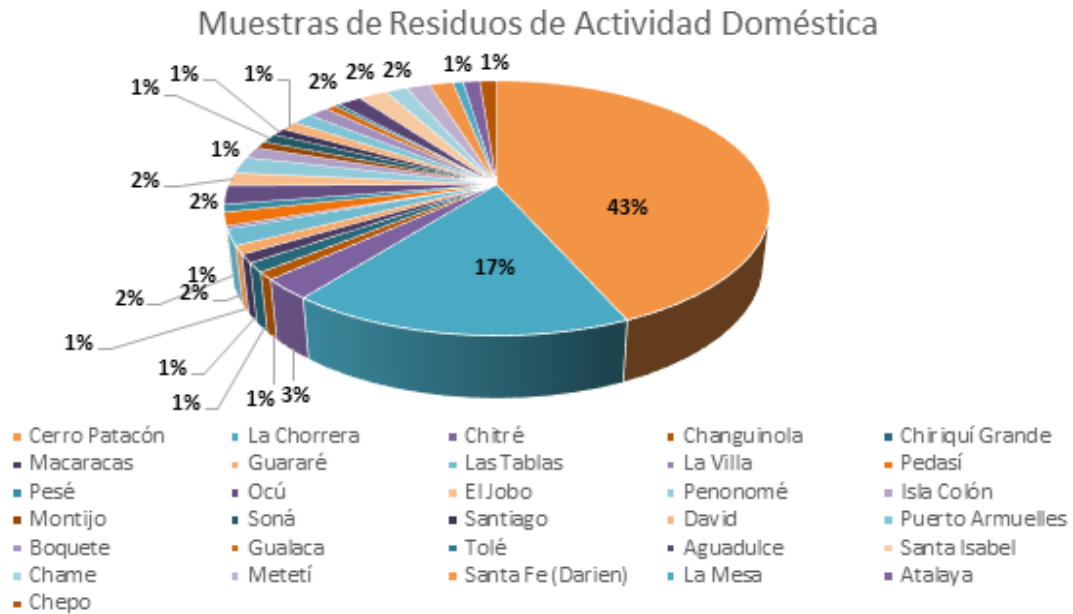
Vertedero	Actividad Doméstica	Actividad Económica	Total Muestras
Cerro Patacón	364	165	529

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

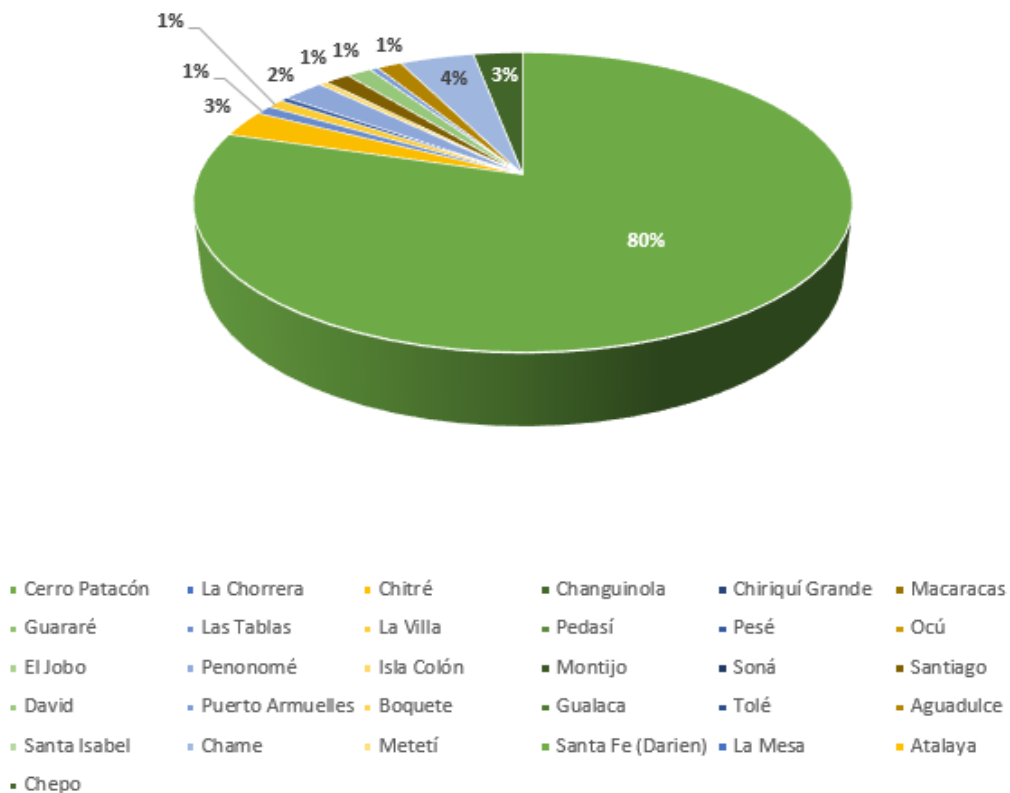
La Chorrera	144	-	144
Chitré	22	6	28
Changuinola	8	-	8
Chiriquí Grande	10	-	10
Macaracas	9	-	9
Guararé	9	-	9
Las Tablas	17	2	19
La Villa	3	2	5
Pedasí	14	-	14
Pesé	8	1	9
Ocú	20	-	20
El Jobo	14	-	14
Penonomé	18	5	23
Isla Colón	12	1	13
Montijo	8	-	8
Soná	10	-	10
Santiago	8	3	11
David	10	3	13
Puerto Armuelles	12	1	13
Boquete	12	-	12
Gualaca	6	-	6
Tolé	3	-	3
Aguadulce	14	3	17
Santa Isabel	17	-	17
Chame	13	9	22
Metetí	14	-	14
Santa Fe (Darien)	14	-	14
La Mesa	6	-	6
Atalaya	10	-	10
Chepo	10	6	16
<b>Total</b>	<b>839</b>	<b>207</b>	<b>1,046</b>

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Figura 9 - Porcentaje de muestras realizadas por emplazamiento.



### Muestras de Residuos de Actividad Económica



**Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.**

En lo referente a las muestras de actividad doméstica, hay que tener en consideración que, en los emplazamientos de Cerro Patacón y La Chorrera, con el fin de obtener la mayor representatividad posible, el reparto de las muestras procedentes de los hogares entre los distintos distritos a los que dan servicio cada vertedero, se realizó en función de las aportaciones anuales de residuos que tienen cada uno de los municipios. Para ello se ha partido de información facilitada del año 2015 tanto por la empresa que actualmente está operando el relleno sanitario de Cerro Patacón (Urbalia), como por la encargada de la explotación del vertedero de La Chorrera (EMAS).

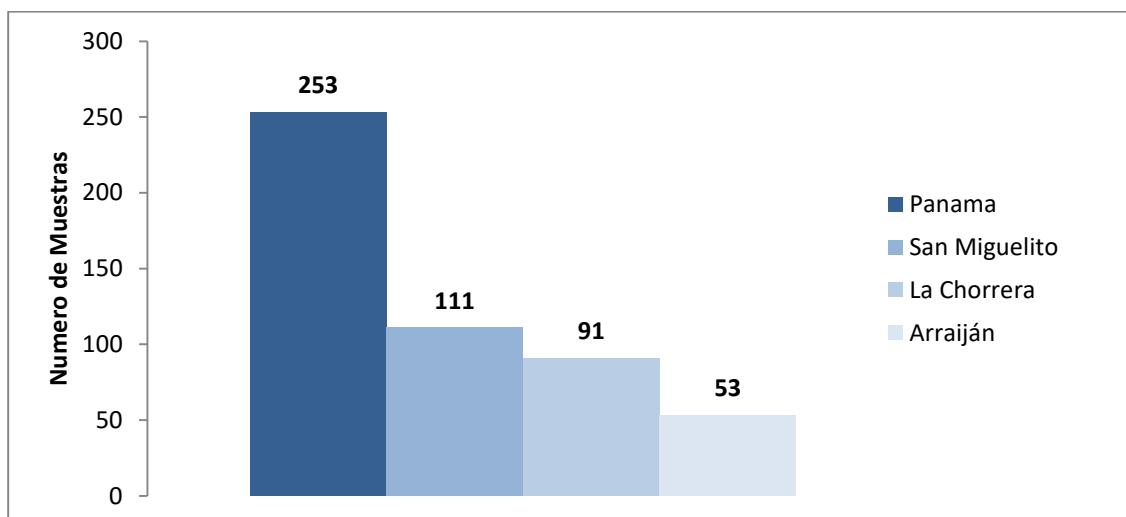
Es por ello que la mayor parte de las muestras tomadas en Cerro Patacón provienen del distrito de Panamá y en La Chorrera provienen del distrito con el mismo nombre.

**Tabla 6. Muestras de actividad doméstica por distrito de procedencia y porcentaje sobre el total de muestras domésticas caracterizadas.**

Cerro Patacón		Muestras	% Sobre total caracterizado en Cerro Patacón
Panamá		253	70%
San Miguelito		111	30%
Chorrera		Muestras	% Sobre total caracterizado en Chorrera
Arraiján		53	37%
La Chorrera		91	63%

En el siguiente gráfico se puede apreciar la diferencia de número de muestras seleccionadas de actividad doméstica que existe entre un emplazamiento y otro y entre los diferentes distritos de procedencia para ambos emplazamientos.

**Figura 10 - Número de muestras por distrito en Cerro Patacón y Chorrera**



Fuente: Elaboración Propia

En el resto de emplazamientos, al no contar con la información previa del aforo de los vehículos existente, y al ser normalmente vertederos con menor ingreso de camiones diarios, la selección de los vehículos ha sido siempre realizada de forma aleatoria asegurando el stock necesario para ejecutar las caracterizaciones como ha sido explicado anteriormente en la metodología.

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

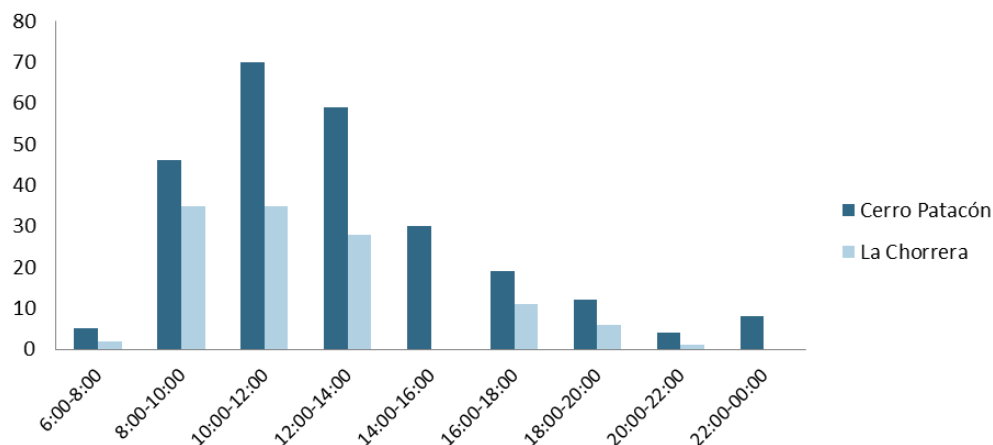
*Número de camiones seleccionados por intervalo horario*

En la línea de lo comentado anteriormente, al disponer de la información de aforo de entrada de camiones en el año 2015 en los emplazamientos de Cerro Patacón y de la Chorrera, se ha realizado la selección de camiones con residuos de origen doméstico, teniendo en cuenta los patrones horarios de entrada de vehículos. Así se garantiza que las muestras tomadas serán lo más representativas posible en ambos emplazamientos al abarcar el espectro total de horas de recogida.

**Tabla 7. Número de camiones seleccionados por emplazamiento e intervalo horario**

Emplazamiento	6:00-8:00	8:00-10:00	10:00-12:00	12:00-14:00	14:00-16:00	16:00-18:00	18:00-20:00	20:00-22:00	22:00-00:00
Cerro Patacón	5	46	70	59	30	19	12	4	8
La Chorrera	2	35	35	28		11	6	1	
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>81</b>	<b>105</b>	<b>87</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>8</b>

**Figura 11 - Número de vehículos seleccionados en Cerro Patacón y La Chorrera por intervalo horario**



Siguiendo con el análisis de ambos emplazamientos, que es donde más se han concentrado los trabajos, se muestra a continuación el número de camiones seleccionados para su muestreo por semana, lo que nos permite establecer la intensidad con la que se ha realizado la caracterización en estos dos vertederos.

De promedio en Cerro Patacón se seleccionaron aproximadamente de media 29 camiones por semana mientras que en La Chorrera la media de camiones seleccionados para su caracterización fue de 19.



Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

**Tabla 8. Número de camiones seleccionados por origen de residuo y semana en Cerro Patacón y La Chorrera**

Emplazamiento y Tipo de Actividad	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	Promedio /Semana	Total
<b>Cerro Patacón</b>	21	21	30	34	37	35	28	39	39	27	21	32	18	15	37	27	29	<b>461</b>
Act. Doméstica	21	19	19	21	21	21	19	25	19	18	14	20	11	10	23	15	26	<b>296</b>
Act. Económica		2	11	13	16	14	9	14	20	9	7	12	7	5	14	12	11	<b>165</b>
<b>La Chorrera</b>	11	8	9	13	19	20	23	22	3	3	12						13	<b>143</b>
Act. Doméstica	11	8	9	13	19	20	23	22	3	3	12						13	<b>143</b>
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>39</b>	<b>47</b>	<b>56</b>	<b>55</b>	<b>51</b>	<b>61</b>	<b>42</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>32</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>37</b>	<b>27</b>	<b>38</b>	<b>604</b>

Fuente: Elaboración Propia

*Número de camiones seleccionados en Actividad Económica*

En cuanto a la actividad económica, se contabilizó el número de camiones seleccionados diferenciando la empresa recolectora de los residuos y el tipo de actividad económica.

Si nos centramos en Cerro Patacón que concentra el 85% de las muestras realizadas de actividades económicas, la selección de las empresas que vierten residuos de esta índole en el relleno sanitario, se realizó priorizando aquellos con mayores toneladas aportadas en el año 2015.

**Tabla 9. Número de camiones seleccionados procedentes de actividades económicas por empresa de recolección en Cerro Patacón**

Empresa de recolección	Porcentaje de camiones seleccionados
Voltran – Germán Corro	22,1%
Autoridad de Aseo	14,7%
Panama Waste Management	14,7%
Revisalud	14,1%
ServiAseo	11,0%
Farmacias Arrocha	8,0%
Feduro	6,7%
Grupo Rey	4,9%
UTP	2,5%
El Machetazo	0,6%
Super 99	0,6%

Las muestras económicas tomadas de los camiones de la Autoridad del Aseo se corresponden con zonas con un elevado entramado comercial como la Calle 50 y el Casco viejo.

En el resto de emplazamientos los orígenes fueron más variados dependiendo de las entradas que se produjeron al ser muestras puntuales.

Si analizamos el origen por categoría del residuo de actividad económica en el conjunto de todos los emplazamientos, observamos que se han tomado muestras principalmente de centros comerciales, comercios, almacenes de distribución, hoteles, zonas comerciales, oficinas, supermercados y restaurantes.

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

**Tabla 10. Número de camiones seleccionados por empresa recolectora**

Tipo de Actividad Económica	Porcentaje de camiones seleccionados
Centro comercial	15,8%
Almacén y distribución	14,6%
Comercio	13,3%
Hoteles	12,0%
Zona comercial	12,0%
Oficinas	10,1%
Supermercado	9,5%
Restaurante	4,4%
Universidad	2,5%
Aeropuerto	1,9%
Industria	1,3%
Terminal transportes	1,3%
Banco de alimentos	0,6%
Colegio	0,6%

### Proceso de caracterización

A continuación, y a modo de ejemplo, se muestra un reportaje fotográfico relativo al proceso de caracterización de las muestras que se está siguiendo conforme a la metodología explicada en este mismo documento.

**Figura 12 - Imágenes del proceso de caracterización de muestras de residuos**

*Descarga de la muestra*



*Proceso de homogenización y cuarteo*



**Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.**

*Cuarto seleccionado para su caracterización*



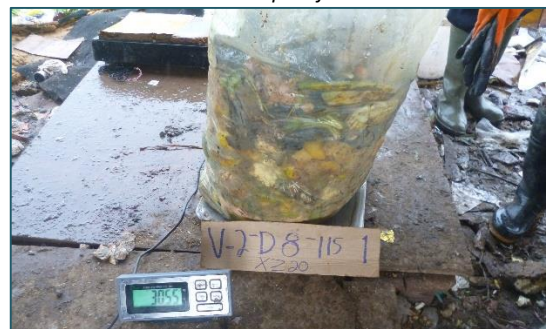
*Selección y separación de materiales*



*Preparación para el pesaje*



*Proceso de pesaje de materiales*



**Peso medio de la muestra**

Para la caracterización, el peso de la muestra varía en función de su origen y el tipo de vehículo que transporte el residuo, situándose para las muestras de actividad doméstica entre 200 y 250 kg si proceden de compactadores, entre 150 y 200 kg si proceden de camiones tipo rejilla o de camiones abiertos pequeños. Únicamente para residuos transportados en vehículos tipo pick up, se han seleccionado muestras de un tamaño inferior a estos valores.

Por su parte, para la caracterización de residuos provenientes de actividades económicas, el peso estipulado de las muestras es el comprendido entre los 50 y 100 kg salvo en vehículos de poca capacidad donde el tamaño de la muestra a caracterizar puede ser inferior a estas cifras.

Analizando los trabajos ejecutados hasta el momento, el resultado de los pesos medios de las muestras caracterizadas es el siguiente:

**Tabla 11. Peso promedio de las muestras caracterizadas**

Emplazamiento	Promedio del Peso Muestra (kg)	
	Residuos de Actividad Doméstica	Residuos de Actividad Económica
<b>Promedio</b>	<b>208</b>	<b>84</b>

Fuente: Elaboración propia

**Densidad media de la muestra**

Conocer la densidad de los residuos, es un cálculo fundamental para el dimensionamiento de instalaciones y de los servicios de recolección de residuos. Por ello en el proceso de caracterización se

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

calculó la densidad de los residuos cuando se encuentran dentro de las bolsas (bolsas cerradas) así como cuando ya las bolsas están abiertas.

En la siguiente tabla se ofrecen los datos de densidad obtenidos hasta la fecha de elaboración de este informe.

Tabla 12. Densidad media de los residuos por origen

Densidad de los residuos			
Tipo de Actividad	Densidad de residuos en Bolsas Cerradas [D1]	Densidad de residuos en Bolsas Abiertas [D2]	Diferencia [D2-D1]
	Densidad Media (Kg/m3)	Densidad Media (Kg/m3)	%
Actividad Doméstica	145,3	183,4	+26,2%
Actividad Económica	106,0	145,1	+36,9%

Fuente: Elaboración propia

A la vista de los resultados se puede observar que, como cabía esperar, la densidad de las bolsas abiertas es superior a la densidad de las bolsas cerradas. Igualmente se muestra cómo la densidad de residuos procedentes de actividades económicas es inferior al obtenido en las muestras con residuos generados en los hogares. Esto se debe a que normalmente la composición de los residuos procedentes de actividades económicas, como se podrá comprobar posteriormente, contienen mayores porcentajes de residuos de papel y cartón y de envases plásticos (normalmente de tipo film) que los residuos producidos en los hogares, y menores porcentajes de materia orgánica que estos últimos.

Los cálculos obtenidos muestran que la diferencia entre la densidad de los residuos generados en los hogares cuando no se encuentran en bolsas (bolsas abiertas) es un 26,2% superior a cuando los residuos están dentro de las bolsas. Esta diferencia asciende al 36,9% en el caso de los residuos procedentes de actividades económicas.

Composición de la muestra por familias de residuos

Uno de los objetivos principales de los trabajos de caracterización es determinar la composición de residuos, para poder evaluar fundamentalmente el modelo de gestión más adecuado para la República de Panamá, así como los posibles tratamientos a los que pueden verse sometidos.

Para ello se ofrecen los valores promedio de cada familia de residuos obtenidos de la siguiente manera:

$$Datos = \frac{\text{Peso (kg) de la familia de residuos}}{\text{Peso (kg) total de la muestra caracterizada}} \times 100$$

Los datos también se aportan ordenados por el tipo de actividad que los origina (actividad doméstica o actividad económica) y por vertedero, por tanto, la fórmula será adaptada a:

$$Datos = \frac{\sum \text{Peso (kg) familia de residuos muestras pertenecientes a la actividad}}{\sum \text{Peso (kg) total todas las muestras pertenecientes a la actividad}} \times 100$$

**Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.**

En la siguiente tabla se muestra la composición promedio en función del origen del residuo, Actividad Doméstica o Actividad Económica, obtenido a partir de 839 y 207 muestras respectivamente. También se muestra el intervalo de confianza obtenido en cada caso.

Como se puede observar, existen diferencias claras entre la composición en función del origen del residuo. Principalmente los residuos generados en los hogares contienen mayores porcentajes de materia orgánica.

Por su parte, los residuos generados por las actividades económicas presentan mayores cantidades de residuos de embalaje (fundamentalmente cartonajes y plásticos) así como madera en detrimento de otros materiales como la materia orgánica o los residuos textiles.

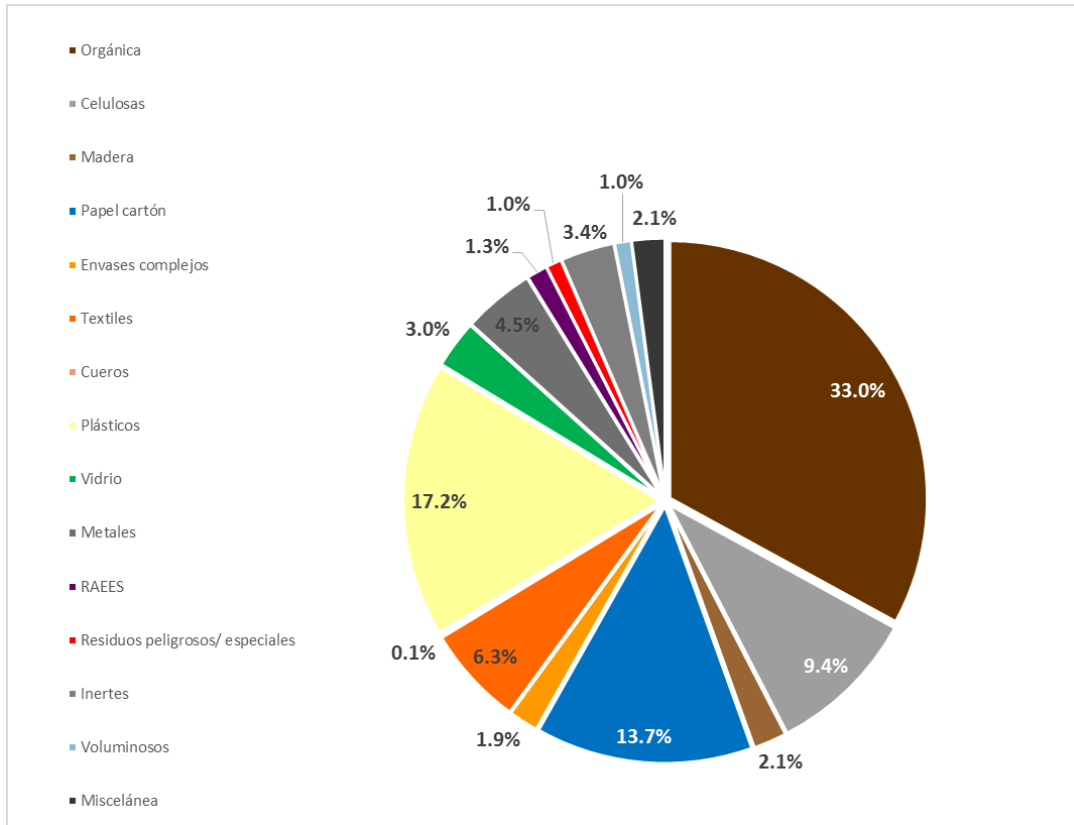
**Tabla 13. Composición de los residuos por origen (Act. Doméstica – Act. Económica)**

Origen del residuo	Actividad Doméstica		Actividad Económica		
	Familias de materiales	Composición	Intervalo Confianza Normal	Composición	Intervalo Confianza Normal
Orgánica		33.0%	0.8%	17.7%	2.3%
Celulosas		9.4%	0.3%	7.5%	1.0%
Madera		2.1%	0.2%	4.6%	1.5%
Papel cartón		13.7%	0.5%	27.0%	2.2%
Envases complejos		1.9%	0.1%	1.4%	0.6%
Textiles		6.3%	0.3%	3.1%	0.8%
Cueros		0.1%	0.0%	0.2%	0.2%
Plásticos		17.2%	0.4%	22.2%	1.6%
Vidrio		3.0%	0.2%	2.1%	0.5%
Metales		4.5%	0.2%	3.8%	0.6%
RAEES		1.3%	0.2%	0.9%	0.6%
Residuos peligrosos/ especiales		1.0%	0.2%	1.8%	1.0%
Inertes		3.4%	0.4%	3.7%	1.3%
Voluminosos		1.0%	0.2%	2.9%	1.3%
Miscelánea		2.1%	0.2%	1.2%	0.4%

Fuente: Elaboración propia

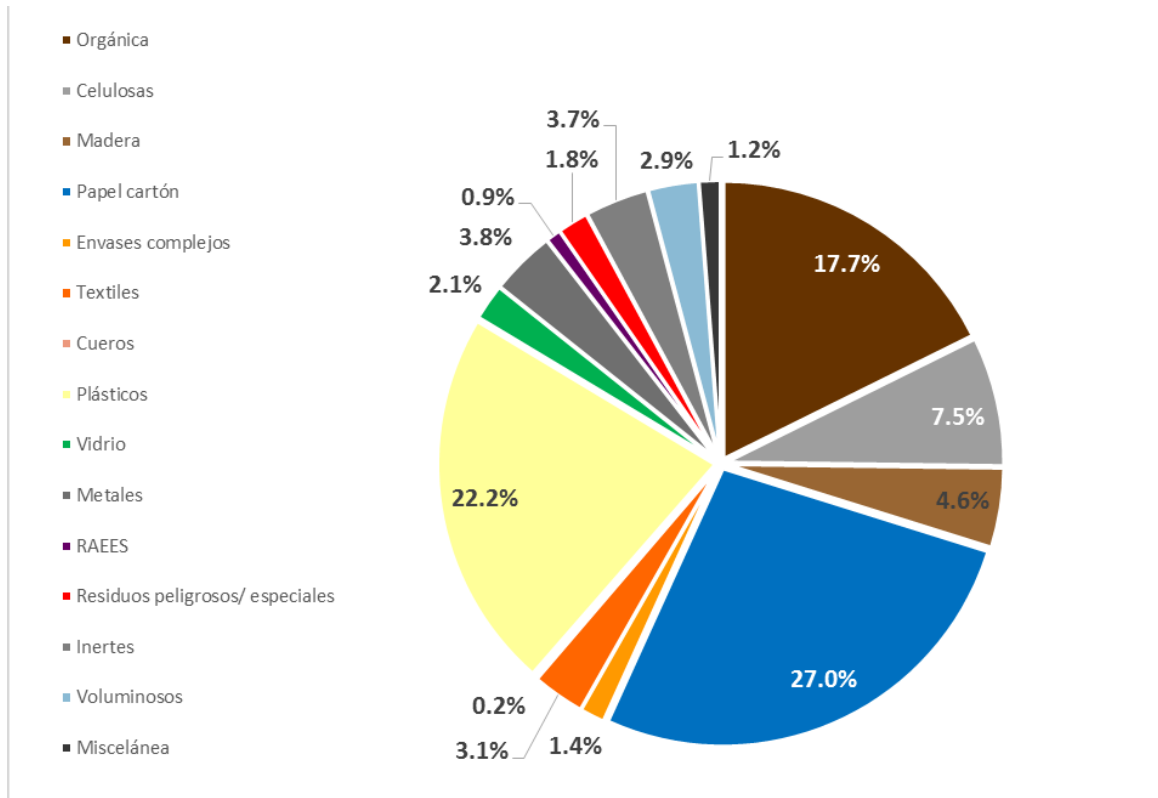
Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

**Figura 13 - Composición promedio de los residuos originados por la Actividad Doméstica**



Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Figura 14 - Composición promedio de los residuos originados por la Actividad Económica



A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los orígenes y por emplazamiento. Para hacer una correcta valoración de los resultados obtenidos, hay que tener en cuenta siempre el número de muestras que se han realizado, lo que hace referencia a la representatividad de los datos mostrados en cada caso.

En el *Anejo 2* se pueden consultar a su vez las tablas y gráficos en detalle específicos de los diferentes emplazamientos en función del origen del residuo.

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Tabla 14. Composición promedio de los residuos originados por la Actividad Doméstica y por emplazamiento analizado

Emplazamiento	RESIDUOS DE ACTIVIDADES DOMÉSTICAS									
	Cerro Patacón	Chorrera	Chitré	Changuinola	Chiriquí Grande	Macaracas	Guararé	Las Tablas Santo Domingo	La Villa	Pedasí
Número Muestras	364	144	22	8	10	9	9	17	3	14
FAMILIAS	Composición									
Orgánica	29.7%	33.2%	38.9%	50.0%	37.8%	35.9%	47.3%	30.0%	33.2%	44.6%
Celulosas	9.0%	9.9%	10.2%	7.3%	10.9%	11.0%	3.7%	7.9%	7.6%	5.1%
Madera	2.7%	2.0%	0.7%	1.0%	1.6%	1.6%	1.3%	1.0%	0.1%	1.0%
Papel cartón	15.5%	13.1%	12.6%	9.6%	12.7%	10.8%	9.1%	12.0%	15.2%	9.7%
Envases complejos	1.8%	1.5%	1.8%	2.4%	2.3%	2.4%	1.1%	1.7%	1.3%	2.0%
Textiles	5.9%	6.5%	10.8%	3.2%	4.7%	4.1%	4.4%	6.0%	9.0%	7.8%
Cueros	0.1%	0.1%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%
Plásticos	18.8%	15.4%	12.5%	17.9%	18.3%	10.5%	13.9%	22.1%	14.4%	15.6%
Vidrio	2.5%	3.0%	3.1%	2.7%	3.9%	3.3%	1.7%	4.8%	1.4%	3.0%
Metales	4.1%	4.4%	3.6%	4.3%	4.6%	4.3%	6.3%	3.6%	3.2%	5.9%
RAEES	1.0%	2.6%	0.8%	0.0%	0.0%	0.9%	1.0%	1.2%	3.8%	0.3%
Residuos peligrosos/ especiales	0.7%	1.4%	1.2%	0.0%	0.0%	5.3%	2.1%	1.8%	0.3%	0.2%
Inertes	4.0%	4.3%	2.2%	0.7%	1.8%	5.4%	5.2%	2.6%	1.8%	2.6%
Voluminosos	1.4%	1.2%	0.1%	0.0%	0.0%	3.8%	0.6%	2.3%	2.7%	1.3%
Miscelánea	2.8%	1.4%	1.4%	0.8%	1.4%	0.6%	1.5%	2.9%	5.9%	1.1%



Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

RESIDUOS DE ACTIVIDADES DOMÉSTICAS										
Emplazamiento	Pesé	Ocú	El Jobo	Penonomé	Isla de Colón	Montijo	Soná	Santiago	David	Puerto Armuelles
Número Muestras	8	20	14	18	12	8	10	8	10	12
FAMILIAS	Composición									
Orgánica	41.3%	40.3%	34.0%	29.6%	35.6%	36.1%	33.2%	58.4%	47.2%	42.8%
Celulosas	9.9%	8.5%	9.2%	12.0%	11.1%	11.3%	10.6%	5.6%	10.1%	9.0%
Madera	2.1%	0.7%	1.8%	1.3%	1.8%	1.6%	1.0%	1.2%	0.6%	0.9%
Papel cartón	11.8%	12.1%	13.6%	18.0%	9.1%	11.4%	16.9%	8.5%	12.1%	8.7%
Envases complejos	1.2%	1.6%	2.6%	1.7%	2.6%	1.9%	1.2%	1.5%	2.6%	2.8%
Textiles	9.0%	5.6%	6.7%	7.1%	2.9%	7.5%	7.8%	4.4%	8.0%	8.1%
Cueros	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%
Plásticos	11.0%	16.0%	15.5%	16.3%	20.5%	12.9%	15.5%	14.4%	12.8%	16.8%
Vidrio	2.4%	3.1%	1.8%	2.9%	7.7%	3.1%	4.7%	1.2%	1.4%	2.6%
Metales	2.6%	3.8%	5.4%	4.5%	5.3%	6.5%	5.2%	4.1%	3.6%	6.9%
RAEES	2.1%	1.2%	0.8%	1.9%	0.0%	4.9%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%
Residuos peligrosos/ especiales	1.2%	2.1%	2.6%	1.2%	0.0%	0.3%	0.5%	0.1%	0.0%	0.0%
Inertes	2.7%	1.9%	3.5%	1.3%	1.6%	1.5%	1.5%	0.2%	0.5%	0.1%
Voluminosos	1.3%	1.1%	0.7%	0.3%	0.0%	0.0%	1.2%	0.0%	0.0%	0.0%
Miscelánea	1.2%	2.1%	1.7%	2.0%	1.8%	0.9%	0.5%	0.5%	0.8%	1.0%

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

RESIDUOS DE ACTIVIDADES DOMÉSTICAS											
Emplazamiento	Boquete	Gualaca	Tolé	Aguadulce	Santa Isabel	Chame	Metetí	Santa Fe (Darién)	La Mesa	Atalaya	Chepo
Número Muestras	12	6	3	14	17	13	14	14	6	10	10
FAMILIAS	Composición										
Orgánica	23.6%	37.8%	22.8%	24.9%	30.0%	41.1%	36.0%	27.2%	36.3%	42.3%	26.1%
Celulosas	16.5%	15.7%	6.3%	15.7%	10.5%	5.6%	12.1%	8.1%	7.5%	8.3%	12.8%
Madera	1.1%	0.3%	0.5%	1.8%	3.5%	1.0%	2.0%	3.2%	2.8%	3.1%	3.6%
Papel cartón	13.0%	14.6%	10.1%	13.0%	12.4%	8.8%	7.0%	11.0%	13.2%	10.8%	15.4%
Envases complejos	3.8%	2.0%	2.8%	2.7%	2.0%	1.1%	1.8%	3.4%	2.0%	1.5%	2.9%
Textiles	5.9%	5.6%	6.6%	8.0%	6.4%	4.4%	8.1%	5.1%	6.0%	7.4%	5.9%
Cueros	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.1%	0.4%	1.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%
Plásticos	21.8%	15.6%	17.8%	17.5%	20.6%	12.6%	13.1%	23.7%	17.3%	12.2%	17.8%
Vidrio	5.3%	2.1%	5.6%	3.8%	4.8%	4.4%	5.7%	4.0%	3.5%	3.5%	3.1%
Metales	6.6%	3.5%	5.5%	4.4%	3.9%	5.4%	8.8%	6.6%	7.0%	4.0%	4.3%
RAES	0.1%	0.3%	3.0%	0.9%	2.0%	2.2%	0.1%	1.9%	0.2%	4.1%	0.7%
Residuos peligrosos/ especiales	0.3%	0.4%	0.3%	1.9%	0.4%	2.7%	0.8%	1.4%	0.5%	0.8%	0.8%
Inertes	1.1%	0.5%	14.8%	2.6%	1.8%	9.4%	1.3%	2.5%	1.4%	1.0%	1.7%
Voluminosos	0.0%	0.5%	2.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.3%	0.0%	1.9%	0.0%	0.6%
Miscelánea	1.1%	1.1%	2.0%	2.5%	1.7%	0.5%	1.4%	1.8%	0.5%	0.9%	4.1%

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Tabla 15. Composición promedio de los residuos originados por la Actividad Económica y por emplazamiento analizado.

Emplazamiento	RESIDUOS DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS											
	Cerro Patacón	Chitré	La Villa	Pesé	Penonomé	Isla de Colón	Santiago	David	Puerto Armuelles	Aguadulce	Chame	Chepo
Número Muestras	165	6	2	1	5	1	3	3	1	3	9	6
FAMILIAS	Composición											
Orgánica	16.0%	20.4%	8.0%	39.3%	16.4%	35.6%	58.4%	47.2%	42.8%	10.3%	37.0%	8.4%
Celulosas	8.1%	4.7%	8.7%	3.1%	11.3%	11.1%	5.6%	10.1%	9.0%	2.2%	3.3%	0.9%
Madera	5.3%	0.9%	0.0%	0.0%	5.9%	1.8%	1.2%	0.6%	0.9%	1.2%	0.0%	7.3%
Papel cartón	26.1%	33.4%	47.9%	20.1%	22.1%	9.1%	8.5%	12.1%	8.7%	52.7%	9.7%	62.8%
Envases complejos	1.2%	1.0%	3.2%	5.1%	0.7%	2.6%	1.5%	2.6%	2.8%	1.4%	5.0%	0.8%
Textiles	3.0%	9.2%	0.0%	0.8%	4.2%	2.9%	4.4%	8.0%	8.1%	3.0%	3.9%	0.0%
Cueros	0.2%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.1%	0.0%	0.5%
Plásticos	23.0%	18.4%	22.7%	16.4%	26.3%	20.5%	14.4%	12.8%	16.8%	25.0%	14.5%	16.6%
Vidrio	2.0%	2.4%	0.2%	0.7%	1.9%	7.7%	1.2%	1.4%	2.6%	0.1%	5.1%	0.3%
Metales	3.6%	3.7%	3.7%	1.3%	5.3%	5.3%	4.1%	3.6%	6.9%	1.5%	8.3%	1.2%
RAEES	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	5.2%	0.0%
Residuos peligrosos/ especiales	2.2%	0.7%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.5%
Inertes	4.0%	0.0%	1.6%	0.0%	3.8%	1.6%	0.2%	0.5%	0.1%	2.5%	6.3%	0.0%
Voluminosos	3.5%	2.9%	0.0%	11.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Miscelánea	1.3%	1.6%	3.8%	1.3%	0.9%	1.8%	0.5%	0.8%	1.0%	0.0%	1.5%	0.5%

## 2.4 TRABAJOS DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS EN COMARCAS INDÍGENAS

En las siguientes páginas se muestran los resultados procedentes de los trabajos de caracterización en las Comarcas Indígenas, donde se han realizado un total de 30 caracterizaciones.

Los Kilos totales caracterizados en Comarcas indígenas han sido 2,971.11, y las muestras se han repartido de la siguiente manera:

Tabla 16. Composición de los residuos en Comarcas Indígenas

Vertedero	Total Muestras
Mammitupu	10
Isla Aguja	5
Ngäbe-Buglé	10
Emberá - Wounaan	5

Además, la composición de residuos resultante de las muestras para comarcas indígenas es la siguiente:

Tabla 17. Composición de los residuos en Comarcas Indígenas

FAMILIAS	Composición
Orgánica	70.4%
Celulosas	3.8%
Madera	1.2%
Papel cartón	2.8%
Envases complejos	1.7%
Textiles	2.6%
Cueros	0.0%
Plásticos	7.8%
Vidrio	1.7%
Metales	2.9%
RAEES	0.2%
Residuos peligrosos/ especiales	0.7%
Inertes	0.9%
Voluminosos	0.0%
Miscelánea	3.4%

Como se puede observar, el porcentaje de materia orgánica en Comarcas Indígenas es muy superior al del resto de Panamá, debido principalmente a las actividades tradicionales que se desarrollan en esta comarca. En el Anejo 2 de este documento de Resultados de Caracterizaciones se pueden ver los datos por comunidad.

### 3 ANALÍTICAS DE RESIDUOS

Conocer parámetros como la humedad y el PCI de los residuos permite valorar qué tipo de tratamientos son los más adecuados para aplicar a los residuos generados en la República de Panamá.

Es por ello que, dentro de los trabajos relativos a la estimación de la generación de residuos y su caracterización, se encuentra enmarcada la subcontratación de la empresa CADICSA destinada a la toma de muestras sólidas de residuos para su posterior análisis en laboratorio con el fin de determinar sus características físico-químicas.

Para llevar a cabo estas analíticas, se están recogiendo muestras representativas de residuos de entre 2 y 4 kilos en cada uno de los emplazamientos en los que se han practicado las caracterizaciones de residuos a excepción de las comarcas indígenas porque debido a las dificultades de acceso y desplazamiento no garantizarían la conservación correcta de la muestra hasta el laboratorio.

El número de muestras de sólidos totales previstas para el laboratorio asciende a un total de 124. Los criterios para su reparto entre los diferentes emplazamientos han sido en primer lugar el número de muestras a caracterizar programadas, así como el tamaño de población a la que da servicio cada vertedero. Es por ello que en los emplazamientos de Cerro Patacón y La Chorrera se planificó la toma de un mayor número de muestras sólidas para el laboratorio. En el resto de emplazamientos se realizó la captación de un máximo de 4 muestras y un mínimo de 1 muestra.

En la siguiente tabla se puede consultar el reparto de muestras realizado por emplazamiento:

**Tabla 18. Emplazamientos seleccionados para el análisis de sólidos**

Emplazamiento	Número total de muestras sólidas previstas
Cerro Patacón	61
Chorrera	7
El Jobo	3
Penonomé	4
Santa Isabel	1
Chame	2
Chepo	3
Aguadulce	3
Chitré	3
La Villa	1
Guararé	1
Las Tablas - Santo Domingo	1
Pedasí	1
Macaracas	1

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Emplazamiento	Número total de muestras sólidas previstas
Pese	1
Ocú	4
Montijo	1
Atalaya	1
Sona	1
Santiago	4
La Mesa	1
David	4
Puerto Armuelles	3
Gualaca	1
Boquete	2
Tolé	1
Isla Colón	1
Changuinola	4
Chiriquí Grande	1
Metetí	1
Santa Fe	1
<b>TOTAL</b>	<b>124</b>

### 3.1 METODOLOGÍA DE PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Se prepararon **5 clases de muestras sólidas** para el laboratorio lo que permitió obtener información muy valiosa fundamentalmente para valorar dos posibles tipos de tratamientos a los que pueden ser sometidos los residuos.

- Procesos de tratamiento de residuos orgánicos
- Procesos de tratamiento térmico (3 hipótesis de modelos de gestión)

Estos tipos de muestras también están diseñadas para valorar diferentes escenarios posibles en cuanto a los modelos de gestión:

#### MUESTRAS PARA PROCESOS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS

En esta opción, las muestras están diseñadas para aportar información sobre el contenido orgánico de los residuos susceptibles de ser sometidos a tratamientos de materia orgánica específicos.

#### Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

La composición de las muestras para el laboratorio está formada únicamente por los residuos de materia orgánica y por los residuos biodegradables no leñosos de parques y jardines existentes, en la misma proporción. También se mantienen las relaciones existentes entre aquellos residuos orgánicos que superan el tamiz y los que no tras el proceso de cribado de la muestra caracterizada.

Las muestras tomadas se realizaron sobre los residuos domésticos debido a que normalmente no existen diferencias en la naturaleza físico-química entre los residuos orgánicos procedentes de los hogares y los generados por las actividades económicas. Únicamente pueden existir diferencias en las cantidades de residuos que se recibirían en estos tratamientos procedentes de esos dos orígenes y en el caso de ser admitidos en las mismas instalaciones.

#### **MUESTRAS PARA PROCESOS DE TRATAMIENTOS TÉRMICOS**

Para valorar los posibles procesos térmicos, se compusieron 4 muestras diferentes, permitiendo valorar así diferentes escenarios posibles en un futuro modelo de gestión. Todos los escenarios parten de la misma premisa que contempla que los residuos llegan a una planta de selección en la cual algunos de los materiales son separados con dos objetivos;

- El primero es evitar que algunos residuos dificulten la separación de materiales. Es por ello que se retiran los elementos voluminosos, o especiales.
- Se separan materiales que son reciclables para su valorización material permitiendo de ese modo su reintroducción de nuevo en procesos productivos.

El tipo de materiales a separar y el grado de separación (eficacia) es lo que provocará en una planta de clasificación que se origine un flujo de materiales no recuperados que denominaremos rechazo de proceso. La simulación de la composición de estas muestras de rechazo dará como resultado la muestra a analizar desde un punto de vista orientado a eliminar el rechazo en un proceso térmico.

En este tipo de muestras, configuradas para conocer la calidad de ese residuo para ser sometido a procesos térmicos, se han barajado varias hipótesis en función de posibles diseños de plantas de clasificación o de diferentes posibilidades de operación en una planta.

#### **MUESTRAS PARA PROCESOS TERMICOS DE RESIDUOS DE RECHAZO DE PROCEDENCIA DOMÉSTICA:**

Estas muestras aportan información sobre la posibilidad de aplicar un proceso térmico a los residuos de rechazo, que son aquellos residuos que tras haberse sometido a un proceso de clasificación no han sido separados para su reciclaje, por lo que su destino puede ser su depósito en un relleno sanitario o su valorización energética mediante un proceso térmico.

Por lo tanto, la muestra sólida para el laboratorio estará basada en los porcentajes de composición por materiales de la muestra caracterizada, aplicando unos factores de eficacia en la separación en función de cada tipo de material. Es decir, algunos materiales no llegarían a formar parte de ese rechazo, dado que serían separados para su reciclaje.

Estas muestras sólo se realizaron sobre los residuos domésticos, valorando así la posibilidad de cómo se comportaría un proceso térmico si residuos de actividades económicas no llegasen a las plantas de tratamiento públicas.

### **MUESTRAS PARA PROCESOS TÉRMICOS DE RESIDUOS DE RECHAZO DE PROCEDENCIA DOMÉSTICA Y DE ACTIVIDAD ECONÓMICA:**

Este escenario contiene el mismo enfoque para la composición de las muestras para el laboratorio que el anterior, a excepción de que, en esta opción, sí se contempla que tanto los residuos de origen domésticos como los procedentes de actividades económicas llegan a plantas de tratamiento y de clasificación públicas. Por lo tanto, el rechazo que sería sometido a procesos térmicos estará compuesto por materiales de ambos orígenes.

Para ello, la conformación de la muestra sólida para el laboratorio está basada en los porcentajes de composición por materiales de la muestra doméstica caracterizada más los porcentajes de composición promedio procedentes de actividades económicas, manteniendo la relación de las toneladas de entrada de residuos domésticos frente a las toneladas generadas por actividades económicas, es decir, ponderando la cantidad aportada por los residuos de cada origen (formación de la composición de forma ponderada por las toneladas de entrada de cada origen).

Los porcentajes de composición promedio de las actividades económicas se basaron en los obtenidos tras la caracterización de 154 muestras en Cerro Patacón.

La importancia de realizar esta simulación radica en que las diferencias pueden ser notables si se contempla la entrada o no de residuos procedentes de actividades económicas, no sólo por las toneladas de entrada, sino también por las características de su composición. Sumar a los residuos domésticos aquellos procedentes de actividades económicas normalmente multiplica el porcentaje en materiales plásticos y cartones; materiales que aportan un gran poder calorífico en un proceso térmico.

### **MUESTRAS PARA PROCESOS TÉRMICOS DE RESIDUOS DE RECHAZO DE PROCEDENCIA DOMÉSTICA Y DE ACTIVIDAD ECONÓMICA CON ENRIQUECIMIENTO DE MATERIALES:**

Las muestras para el laboratorio en esta opción simulan un escenario similar al caso anterior (también la composición contempla tanto los residuos de actividades domésticas como económicas), pero contemplando que dos materiales con un alto poder calorífico como es el cartón y el film no son separados para su reciclaje, sino que llegan el 100% de su entrada llegaría a formar parte del rechazo destinado a un proceso térmico. La elección de no recuperar el PEBD (plástico film) también obedece al escaso mercado de reciclaje existente para este tipo de material.

### **MUESTRAS PARA PROCESOS TÉRMICOS DE RESIDUOS EN MASA DE PROCEDENCIA DOMÉSTICA Y DE ACTIVIDAD ECONÓMICA:**

Por último, este tipo de muestras diseñadas para el laboratorio simula la opción de someter a procesos térmicos todos los residuos sin llevar a cabo una selección importante de materiales para su reciclado. En este caso, simplemente se retirarían aquellos de carácter voluminoso, especial o peligroso que puedan ocasionar problemas en un tratamiento térmico.

Una vez tomadas las muestras sólidas, los parámetros a analizar posteriormente en el laboratorio se especifican en la siguiente tabla:



Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Tabla 19. Parámetros de análisis

Parámetros	Especificación
Contenido en humedad (% peso).	Contenido en humedad (%) = $(\text{Peso original} - \text{Peso seco} / \text{Peso original}) * 100$
Análisis químico elemental: Carbono (%) Hidrógeno (%) Nitrógeno (%) Oxígeno (%) Azufre (%)	Sólo de la materia combustible (desechos de cocina, papel, textil, césped y madera, plástico, y caucho y cuero).
Poder calorífico	<p>Bomba de calor. Sobre la parte combustible de los residuos.</p> <p><math>H_o = H_{cvc} * (100 - w / 100)</math> donde: H<sub>o</sub>: poder calorífico superior total de la parte combustible de los desechos (kcal/kg). H<sub>cvc</sub>: los resultados de la prueba de la “Bomba de calor” (que reflejan el poder calorífico superior de la parte combustible de los desechos en base seca) (kcal/kg). W: contenido de agua de todo el desecho combustible (%). <math>H_u = H_o - 6(9h + W)</math> Donde: H<sub>u</sub>: poder calorífico inferior de la parte combustible de los desechos (kcal/kg). h: contenido de hidrógeno de la parte combustible de los desechos (%). W: contenido de humedad de la parte combustible de los desechos (%).</p>

Fuente: Elaboración propia

### 3.1 AVANCES DE LOS TRABAJOS

En la siguiente tabla se recoge la cantidad por tipo de muestras realizadas en cada uno de los emplazamientos.

A su vez, en el Anejo 3 se incluyen los informes relativos a las tomas de muestras de sólidos.

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Tabla 20. Cantidad por tipo de muestras realizadas en cada uno de los emplazamientos

Emplazamiento	Procesos orgánicos		Procesos térmicos para el rechazo de Residuos Domésticos		Procesos térmicos para el rechazo de Residuos Domésticos y de actividad económica		Procesos térmicos para el rechazo de residuos domésticos y de actividad económica con enriquecimiento de materiales		Procesos térmicos para residuos en masa de origen doméstico y de actividad económica		total		% Avance
	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	
Cerro Patacón	8	8	8	8	15	15	15	15	15	15	61	61	100%
Chorrera	2	2	5	5							7	7	100%
El Jobo	1	1	2	2							3	3	100%
Penonomé	2	2	2	2							4	4	100%
Santa Isabel			1	1							1	1	100%
Chame			2	2							2	2	100%
Chepo	1	1	2	2							3	3	100%
Aguadulce	1	1	2	2							3	3	100%
Chitré	1	1	2	2							3	3	100%
La Villa			1	1							1	1	100%
Guararé			1	1							1	1	100%
Las Tablas - Santo Domingo			1	1							1	1	100%
Pedasí			1	1							1	1	100%
Macaracas			1	1							1	1	100%
Pese			1	1							1	1	100%
Ocú	2	2	2	2							4	4	100%

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Emplazamiento	Procesos orgánicos		Procesos térmicos para el rechazo de Residuos Domésticos		Procesos térmicos para el rechazo de Residuos Domésticos y de actividad económica		Procesos térmicos para el rechazo de residuos domésticos y de actividad económica con enriquecimiento de materiales		Procesos térmicos para residuos en masa de origen doméstico y de actividad económica		total		% Avance
	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	Muestras Previstas	Muestras Realizadas	
Montijo			1	·1							1	·1	100%
Atalaya			1								1	1	100%
Sona			1								1	1	100%
Santiago	2		2								4	4	100%
La Mesa			1								1	1	100%
David	2		2								4	4	100%
Puerto Armuelles	1		2								3	3	100%
Gualaca			1								1	1	100%
Boquete			2								2	2	100%
Tolé			1								1	1	100%
Isla Colón			1								1	1	100%
Changuinola	2		2								4	4	100%
Chiriquí Grande			1								1	1	100%
Metetí			1								1	1	100%
Santa Fe			1								1	1	100%
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>34</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>124</b>	<b>124</b>	<b>100%</b>

## 4 PREVISIONES DEMOGRÁFICAS

A continuación, se muestran los avances relativos a las previsiones demográficas que se están realizando en el marco del estudio socioeconómico de Panamá.

### 4.1 EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN POR PROVINCIAS Y COMARCAS INDÍGENAS

El crecimiento de la población en las diversas provincias y comarcas indígenas ha seguido, por lo general, un desarrollo continuo, sin apenas cambios de tendencia.

Tabla 21. Distribución territorial por provincia en la República de Panamá

Evolución de la población por provincia y comarca indígena								
	2000		2010		2016		2026	
Bocas del Toro	89.269	3,14%	125.461	3,68%	160.944	3,99%	208.732	4,54%
Coclé	202.461	7,19%	233.708	6,86%	259.322	6,42%	280.870	6,11%
Colón	204.208	7,13%	241.928	7,10%	281.094	6,96%	324.675	7,06%
Chiriquí	368.790	12,99%	416.873	12,24%	454.083	11,25%	492.306	10,70%
Darién	40.284	1,42%	48.378	1,42%	55.055	1,36%	62.832	1,37%
Herrera	102.465	3,88%	109.955	3,23%	118.334	2,93%	120.711	2,62%
Los Santos	83.495	3,61%	89.592	2,63%	95.291	2,36%	95.661	2,08%
Panamá	1.045.507	36,82%	1.249.032	36,67%	1.544.185	38,25%	1.750.255	38,05%
Panamá Oeste	342.850	12,08%	464.038	13,62%	564.901	13,99%	673.970	14,65%
Veraguas	209.076	7,36%	226.991	6,66%	245.284	6,08%	260.109	5,66%
Comarca Kuna Yala	32.446	1,14%	33.109	0,97%	43.274	1,07%	54.609	1,19%
Comarca Emberá	8.246	0,29%	10.001	0,29%	12.041	0,30%	14.800	0,32%
Comarca Ngäbe Buglé	110.080	2,94%	156.747	4,60%	203.185	5,03%	260.027	5,65%
<b>Total</b>	<b>2.839.177</b>	<b>100%</b>	<b>3.405.813</b>	<b>100%</b>	<b>4.037.043</b>	<b>100%</b>	<b>4.599.558</b>	<b>100%</b>

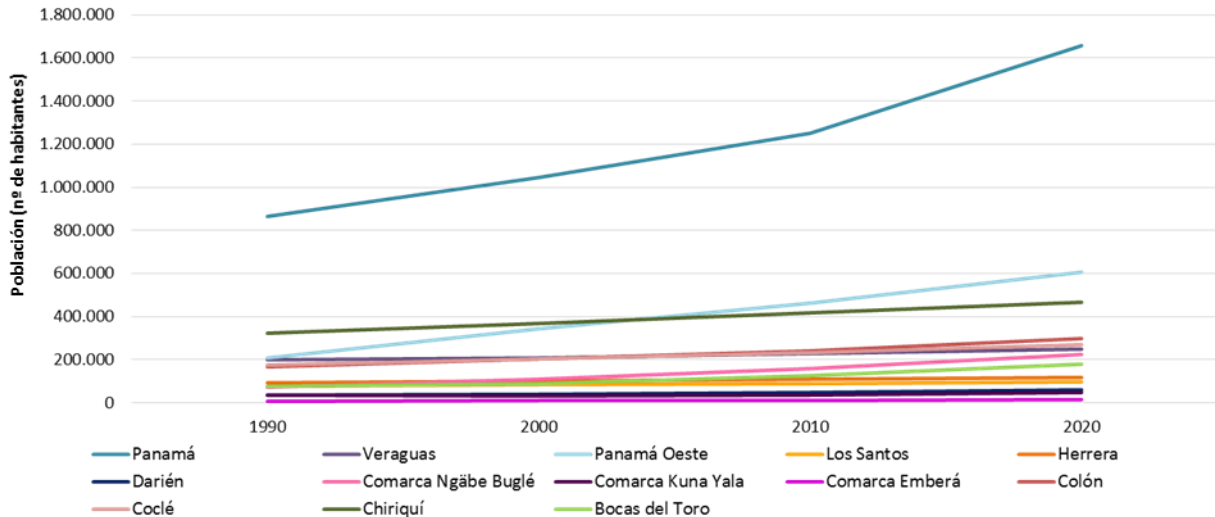
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

Analizando las actuales 13 divisiones administrativas a nivel provincia, 10 provincias y 3 comarcas indígenas, se puede observar, para cada año censal, como se va modificando la distribución porcentual de la población en el transcurso de los años, mostrando la evolución de la distribución espacial de la población panameña en el pasado más reciente y prevista hasta finales de esta década.

Tanto el crecimiento poblacional del país como el específico de la provincia de Panamá, para el período intercensal 2000-10, supuso en torno a un 20%. Sin embargo, para el período 2010-20, los incrementos esperados son del 25,6% y el 32,6%, respectivamente, previéndose un crecimiento poblacional más fuerte para la provincia de Panamá, a causa de la inmigración interna recibida.

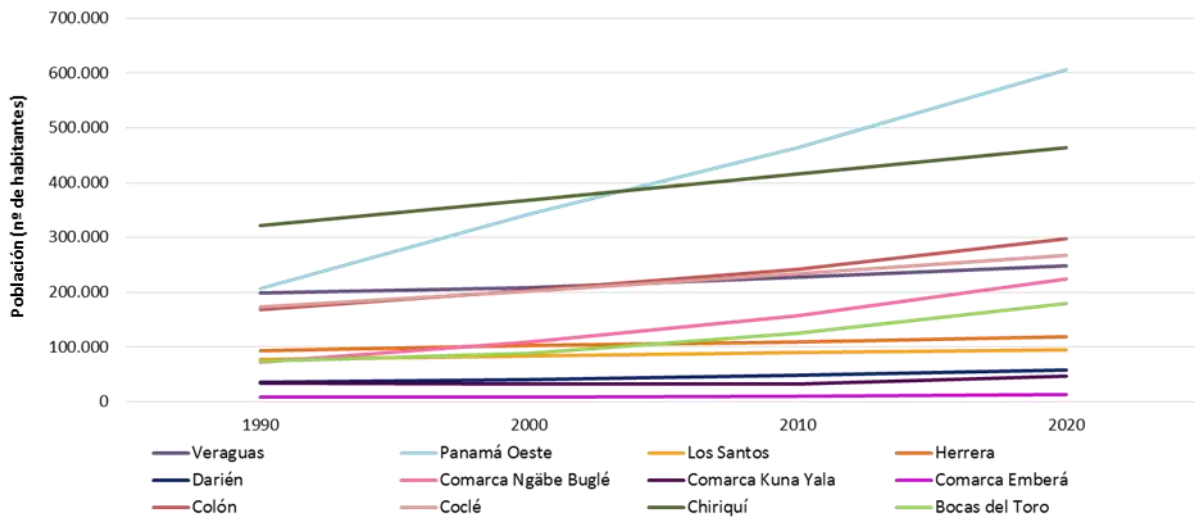
Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Figura 15- . Evolución de la población por provincia y comarca indígena. 1990-2020



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

Figura 16 - Evolución de la población por provincia y comarca indígena (sin la provincia de Panamá). 1990-2020



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

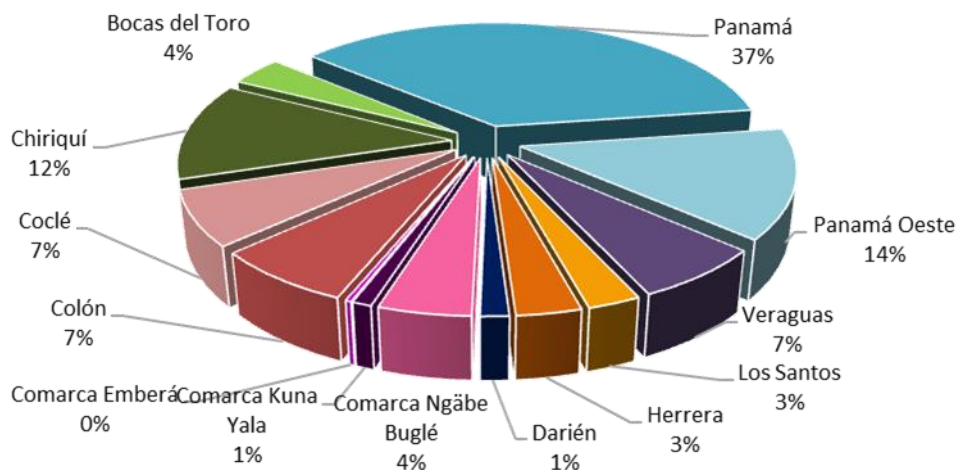
Se puede observar en las tablas y gráficos anteriores que, a excepción de las provincias de Panamá y Panamá Oeste, no se originan fuertes pendientes en las líneas de crecimiento de la población, dándose lugar a cambios de posición en el ranking por número de habitantes únicamente en el periodo anterior a 2010. Las tres provincias con mayor población son Panamá, a gran distancia del resto, Panamá Oeste y Chiriquí.

En el segundo gráfico se muestran los resultados sin contar con la provincia de Panamá, a fin de poder observar con mayor grado de detalle las evoluciones de la población en el resto de las provincias.

**Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.**

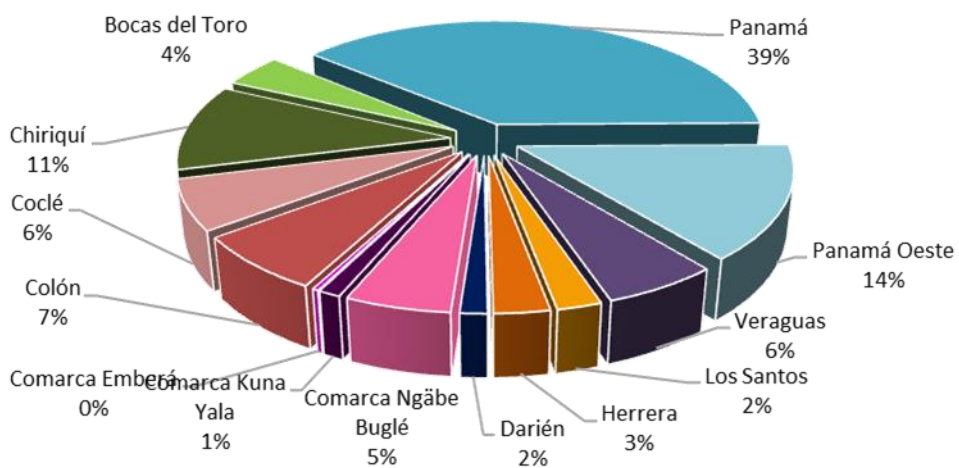
En los siguientes gráficos se recogen las distribuciones de la población por provincias y comarcas indígenas en 2010 y previsión en 2020, pudiéndose observar, como se ha indicado anteriormente, la preponderancia de la provincia de Panamá, que acoge el 37-39% de los habitantes del país, seguida por Panamá Oeste y Chiriquí, a una distancia en cada caso de menos del 40% de dicha población.

**Figura 17 - Distribución de la población por provincia y comarca indígena. 2010**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

**Figura 18 - Distribución de la población por provincia y comarca indígena. 2020**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).

## 4.2 PREVISIONES DEMOGRÁFICAS 2010-2026 EN PROVINCIAS, DISTRITOS Y CORREGIMIENTOS

El INEC proporciona las estimaciones anuales de población de todas las provincias, distritos y corregimientos en el periodo 2010 – 2020, pero, teniendo en cuenta que el año horizonte del Plan es 2026, se hace preciso ampliar las previsiones al periodo 2010 - 2026.

Para ello el INEC ha proporcionado las tasas de crecimiento promedio anual a partir de 2010, que, aplicadas linealmente todos los años del periodo, permiten conocer las nuevas estimaciones de población a nivel de distrito y corregimiento, ampliadas hasta 2026.

En la tabla siguiente se pueden observar las poblaciones estimadas en los diferentes distritos del país en el año horizonte del Plan, 2026 (los datos correspondientes a la población por corregimiento no se muestran en el informe dado su volumen, pero serán los utilizados para el desarrollo de los modelos de previsión de residuos generados).

Destacan por la magnitud del número de habitantes los distritos de Panamá y San Miguelito, en la provincia de Panamá, y Arraiján, en la de Panamá Oeste. Respecto a los crecimientos de población que se producirán en la década 2016-2026, conviene destacar por la magnitud de su desarrollo los distritos de la provincia de Bocas del Toro y de la comarca indígena de Ngäbe Buglé. En los distritos de Panamá Oeste crecerán su población entre el 16% y el 21%, mientras que los de Panamá entre el 12% y el 15% (si se exceptúa el distrito de Chiman, que solo crecerá un 2%).

**Tabla 22 – Población estimada por distritos**

Población estimada por distritos en el año 2026						
Provincia	Distrito	2026	Provincia	Distrito	2026	
Bocas del Toro	Bocas del Toro	25.714	Los Santos	Macaracas	9.240	
	Changuinola	165.119		Pedasí	4.709	
	Chiriquí Grande	17.899		Pocrí	3.488	
Coclé	Aguadulce	54.929		Panamá	Tonosí	10.113
	Antón	61.112	Balboa		3.593	
	La Pintada	31.940	Chepo		66.012	
	Natá	24.777	Chiman		2.358	
	Ola	7.726	Panamá		1.274.937	
	Penonomé	100.386	San miguelito		401.858	
Colón	Colón	280.534	Panamá Oeste		Taborga	1.498
	Chagres	12.153			Arraijan	335.448
	Donoso	16.104			Capira	52.336
	Portobelo	11.557			Chame	35.291
	Santa Isabel	4.327		La chorrera	223.793	
Chiriquí	Alanje	18.308		Veraguas	San carlos	27.103
	Barú	61.900			Atalaya	11.915
	Boquerón	17.490			Calobre	12.767
	Boquete	25.494			Cañazas	18.968
	Bugaba	88.906			La mesa	12.671
	David	183.815	Las palmas		19.402	
	Dolega	28.496	Montijo		7.477	
	Gualaca	10.946	Rio de Jesús		5.800	
	Remedios	4.539	San francisco		11.097	

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Población estimada por distritos en el año 2026					
Provincia	Distrito	2026	Provincia	Distrito	2026
	Renacimiento	22.995		Santa fe	18.269
	San Félix	7.352		Santiago	104.663
Darién	San Lorenzo	8.586		Sona	31.291
	Tolé	13.478		Mariato	5.791
Herrera	Chitré	33.397	Kuna Yala	Kuna yala	54.609
	Las Minas	29.435	Emberá	Cemaco	14.146
	Los Pozos	57.168		Sambu	654
	Ocú	7.793	Ngäbe Buglé	Besiko	40.877
	Parita	8.053		Mirono	26.400
	Pese	16.645		Mina	49.479
	Santa María	9.639		Nole duima	24.267
Los Santos	Guararé	13.309	Ñurum	21.724	
	Las Tablas	8.104	Kankintu	61.179	
	Los Santos	11.169	Kusapin	36.101	

## 5 CÁLCULOS DE GENERACIÓN

### 5.1 METODOLOGÍA GENERAL DE CÁLCULO

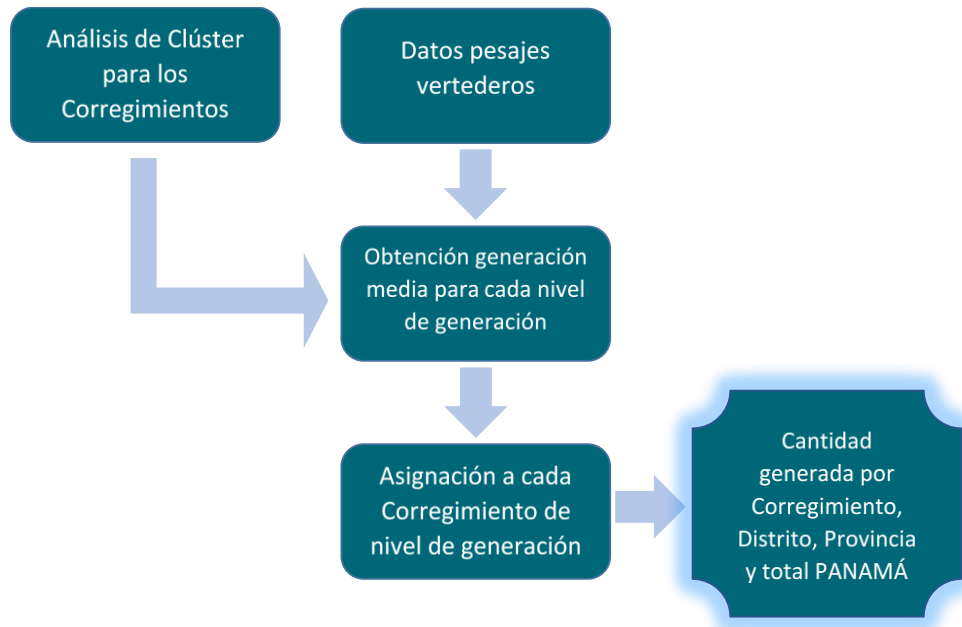
La metodología seguida para el cálculo de la generación consta de dos líneas de análisis que comienzan de forma independiente para converger finalmente, permitiendo la obtención de resultados de generación a nivel de corregimiento. Estas dos líneas de análisis son:

- Un análisis de conglomerados o *Cluster*, con el fin de agrupar a los corregimientos en grupos homogéneos por la cantidad de generación.
- Los datos de generación de una serie de vertederos, donde se han realizado pesajes.

El análisis de los datos de los vertederos permite establecer unos datos medios para cada uno de los niveles previamente definidos en los conglomerados. La asignación a todos los corregimientos de un nivel de generación, da como resultado la generación total del país con niveles intermedios de detalle, entre este y el corregimiento. En la siguiente ilustración se muestran las líneas generales de la metodología que será comentada con más detalle en los siguientes epígrafes.



Ilustración 1. Metodología general de cálculo de generación



Los datos de población que se utilizan, 2016 y 2026, constituyen la base para el cálculo de la generación de residuos en los años 2017 y 2027 que son el horizonte temporal del **PNGIR**, provienen de datos facilitados por el INEC de previsiones de población en los años 2010, 2015, 2020 y 2030, y las tasas de crecimiento correspondientes a los periodos 2010-2015, 2015-2020 y 2020-2030, se ha obtenido mediante una interpolación lineal, que ha sido aprobada por el INEC, aunque no tiene carácter oficial, ya que se fundamenta en el supuesto de linealidad del comportamiento de las variables demográficas, pero que tiene una base estadística y demográfica aceptable.

## 5.2 ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS

El Análisis de Conglomerados o *Clusters*, es una técnica estadística multivariante que busca agrupar elementos tratando de lograr la máxima homogeneidad intragrupo y la mayor heterogeneidad entre los diferentes grupos.

La técnica de *Cluster* adoptada ha sido la de K medias. El análisis *Cluster* de K-medias es una herramienta diseñada para asignar casos a un número prefijado de grupos, cuyas características no se conocen a priori pero que se basan en un conjunto de variables especificadas.

El objeto del análisis han sido los corregimientos de Panamá, y el fin último es establecer unos grupos que se diferencien por la cantidad de generación de residuos.

Se han establecido cuatro grupos de niveles de generación, correspondiendo el nivel 1 al menor nivel de generación y el nivel 4 al mayor.

Para el análisis de conglomerados se utilizan variables que estén relacionadas con el nivel de generación y de las que se disponga de datos estadísticos oficiales.

En el presente análisis se han adoptado como factores básicos que inciden en la cantidad de generación los siguientes factores:

- El nivel económico.

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

- El nivel de actividades agropecuarias.

A continuación, se profundiza en cada uno de estos factores explicativos de la generación de residuos detallando las variables seleccionadas para el proceso de segmentación de la población.

**El Nivel Económico**

El nivel económico está claramente relacionado con la generación de residuos, de forma directa: a mayor nivel económico mayor nivel de generación. El mayor nivel económico de un corregimiento afecta al nivel de consumo que, a su vez, afecta a la generación de residuos derivada de dichos bienes de consumo.

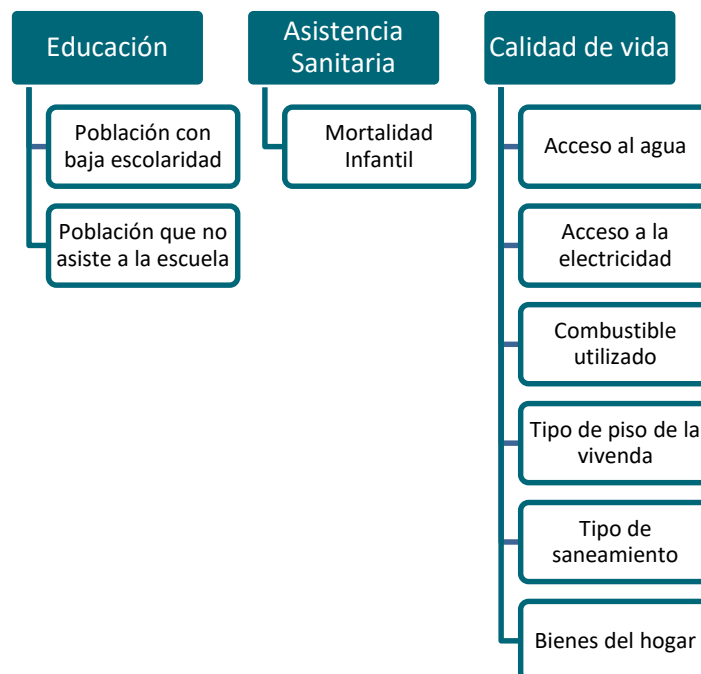
El nivel económico se mide a través de dos variables, el Índice de Pobreza Humana y la Mediana de Ingresos por habitante. A continuación, se detallan las características y su aplicación en el análisis de Cluster de estas dos variables.

El **Índice de Pobreza Humana (IPH)**, este índice fue un parámetro estadístico desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1997 para medir el nivel de vida. Posteriormente en 2010 este índice se redefinió como Índice de Pobreza Multidimensional.

Los indicadores a partir de los cuales se compone el IPH se agrupan en tres vertientes: educación, asistencia sanitaria y calidad de vida.

En Panamá el IPH viene calculado y recogido en el Censo de 2010 y ofrece datos a nivel de distrito. Este índice se construye, con carácter general, con diez indicadores y en Panamá se ha construido, únicamente, con nueve, faltando el relativo a la Nutrición (estado de desnutrición). Los nueve indicadores mencionados son los siguientes:

**Ilustración 2. Indicadores que conforman el Índice de Pobreza Humana (IPH)**

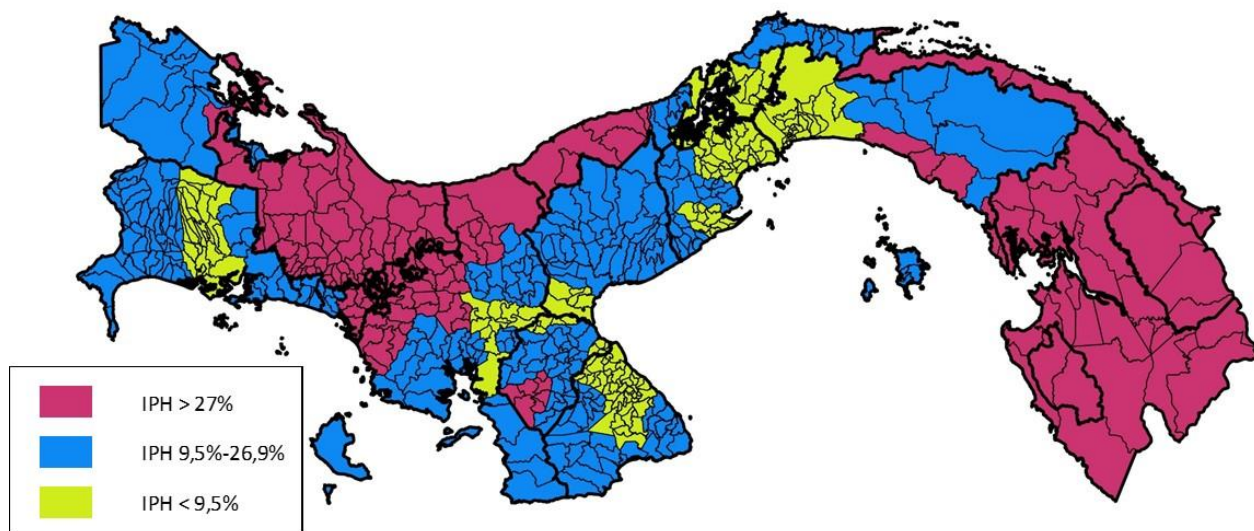


Fuente: Programa de las Naciones Unidad para el Desarrollo, (PNUD). Atlas de Desarrollo Humano Local, Panamá 2015.

Se define la intensidad de la pobreza como la proporción de los indicadores a los que no se tiene acceso. Una persona se considera pobre si no tiene acceso, al menos, al 30% de los indicadores.

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Ilustración 3. Índice de Pobreza Humana (IPH) por distritos



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo 2010. Elaboración propia

Tabla 23. Población según Índice de Pobreza Humana

Nivel de pobreza	Población 2016	Porcentaje	Porcentaje acumulado
IPH > 27%	437,800	10.8%	<b>10.8%</b>
IPH 9,5%-26,9%	882,613	21.9%	<b>32.7%</b>
IPH < 9,5%	2,716,630	67.3%	<b>100.0</b>
Total	4,037,043	100.0%	

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo 2010. Elaboración propia

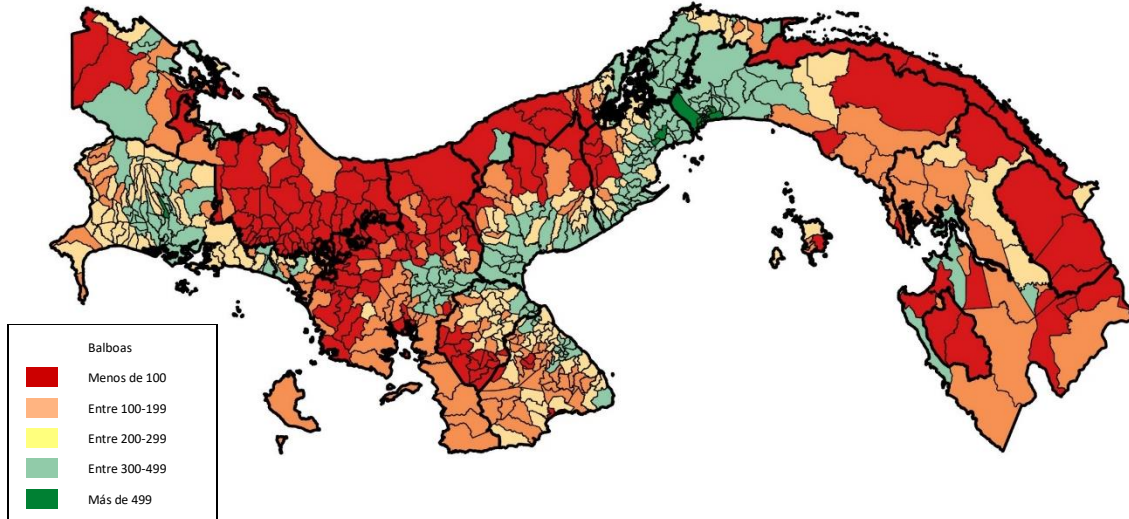
La **Mediana de Ingresos por persona** es la segunda de las variables que se consideran definitorias del nivel económico de la población.

En la operación censal existe una pregunta para todos los miembros del hogar que hace referencia al total de ingresos, de cualquier fuente, obtenidos en el mes de referencia: sueldo o salario bruto; parte proporcional del décimo tercer mes; ingreso por trabajo independiente o cuenta propia; jubilación o pensión por vejez; pensión (por accidente, enfermedad, sobreviviente u otra); ayuda de instituciones o de personas que no conviven; alquileres, rentas, intereses o beneficios; becas; ventas agropecuarias u otros ingresos.

La Mediana de ingresos por habitante es un indicador recogido en el Censo de 2010 desagregado a nivel de corregimiento.

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Ilustración 4. Mediana de ingresos por persona por corregimiento



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo 2010. Elaboración propia

Tabla 24. Población según nivel de ingresos

Mediana de ingresos (Balboas)	Población 2016	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Menor de 100	401,959	10.0%	<b>10.0%</b>
Entre 100-199	246,861	6.1%	<b>16.1%</b>
Entre 200-299	365,190	9.0%	<b>25.1%</b>
Entre 300-499	2,374,251	58.8%	<b>83.9%</b>
Más de 499	648,782	16.1%	<b>100.0%</b>
Total	4,037,043	100.0%	

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo 2010. Elaboración propia

En el grupo de ingresos menores de 100 balboas, el nivel más bajo es de 15 balboas, existiendo además hay 79 corregimientos con menos de 51 balboas.

En el lado opuesto, con más de 499 balboas solo hay 16 corregimientos, todos ellos en las provincias de Panamá (13), Panamá Oeste (2) y el corregimiento de Los Algarrobos en Chiriquí. Cuatro de estos corregimientos sobrepasan los 1,000 balboas.

#### El Nivel de Actividades Agropecuarias

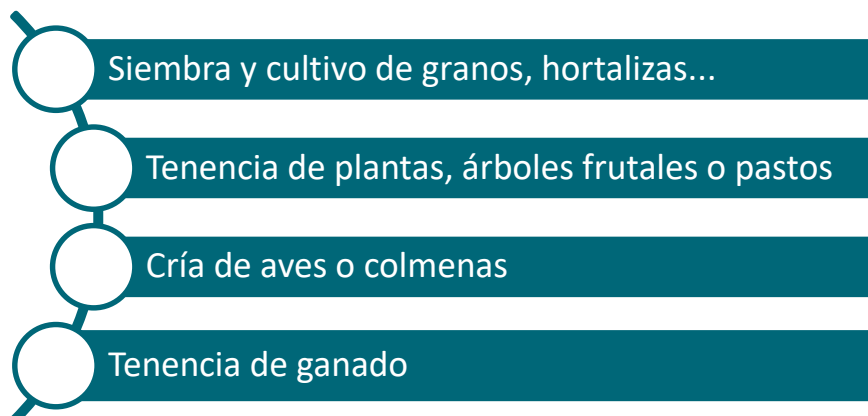
En lo que se refiere al nivel de actividades agropecuarias, se ha considerado que a mayor nivel de esta actividad menor nivel de generación de residuos, ya que este nivel implica dos tipos de comportamiento:

- Es, por un lado, reveladora del nivel de condición rural de los hogares, al margen del número de habitantes del corregimiento (menos de 1.500 es el número de habitantes que le otorgan en el Censo la etiqueta de "rural"). Esta condición de rural significa un menor acceso a los bienes y servicios y por tanto un menor nivel de generación.
- Y, por otro lado, el nivel de actividad agropecuaria implica en muchas ocasiones un aprovechamiento de los residuos, con especial incidencia en los orgánicos que son utilizados para alimentar a los animales.

El **nivel de actividades agropecuarias** se ha construido a partir de cuatro variables recogidas en el Censo de 2010 a nivel de corregimiento y que hacen referencia a las actividades desarrolladas en el seno del hogar.

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

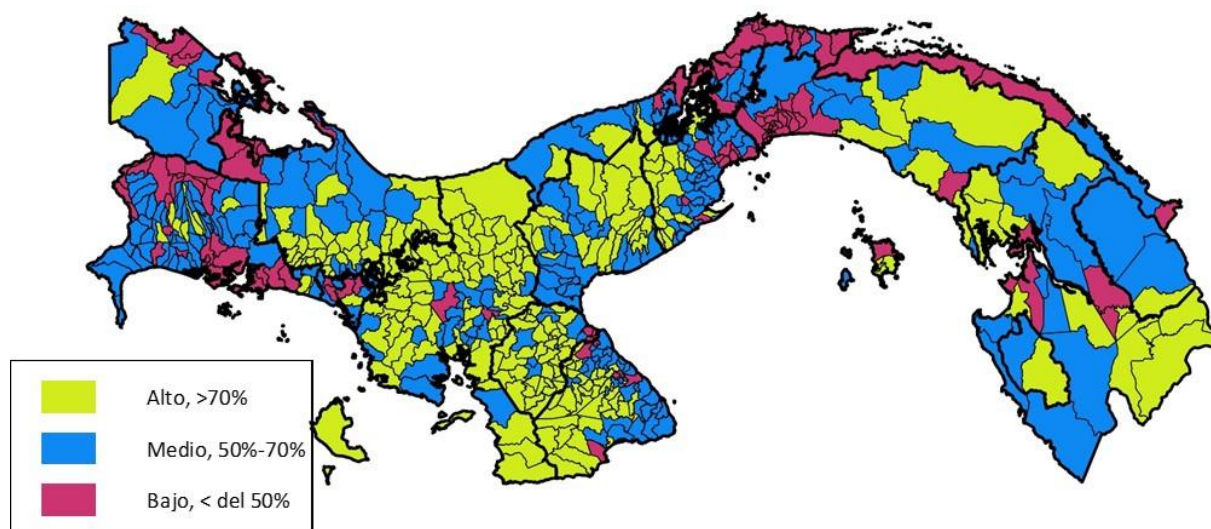
Ilustración 5. Índices incluidos en el nivel de actividades agropecuarias



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo 2010. Elaboración propia

Los datos del Censo ofrecen el porcentaje de hogares en que alguno de sus miembros se dedica a algunas de las cuatro actividades anteriores. El Índice de Nivel Agropecuario se ha calculado como el promedio, para cada corregimiento, de las cuatro variables mencionadas.

Ilustración 6. Nivel de actividades agropecuarias por corregimiento



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo 2010. Elaboración propia

Tabla 25. Población según nivel agropecuario

Nivel de ingresos	Población 2016	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Mayor del 70%	80,892	2.0	<b>2.0%</b>
Entre 50%-70%	469,596	11.6	<b>13.6%</b>
Menor del 50%	3,486,555	86.4	<b>100.0%</b>
Total	4,037,043	100.0	

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo 2010. Elaboración propia

### Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Por tanto, a partir de los factores analizados, se resumen a continuación las tres variables introducidas en el análisis de conglomerado:

1. Índice de Pobreza Humana a nivel de distrito.
2. Mediana de Ingresos por habitante, a nivel de corregimiento.
3. El nivel agropecuario, a nivel de corregimiento.

Como ya se indicó inicialmente, se ha elaborado un Análisis de Conglomerado de k medias, con cuatro grupos de generación.

Los resultados del proceso son los siguientes:

**Tabla 26. Centros iniciales de los Cluster**

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
<b>Índice de Pobreza Humana</b>	4.20	3.70	4.20	59.20
<b>Mediana ingreso mensual por habitante</b>	541.0	750.0	1,200.0	15.0
<b>Nivel agropecuario</b>	4.54	7.24	3.28	41.92

Fuente: Elaboración propia

Los centros iniciales de los conglomerados son los valores de las variables de las k observaciones.

**Tabla 27. Historial de iteraciones**

Iteraciones	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
1	176.648	48.025	110.545	126.419
2	17.375	109.263	27.900	11.693
3	12.701	58.692	0.000	8.792
4	8.630	68.168	0.000	2.975
5	5.398	48.267	36.601	0.971
6	13.071	40.867	0.000	1.573
7	14.339	28.036	39.286	2.844
8	11.129	13.679	0.000	2.727
9	14.581	5.017	0.000	11.138
10	9.245	11.586	0.000	3.084
11	4.271	2.476	0.000	2.593
12	2.800	3.242	0.000	0.953
13	2.448	1.897	0.000	1.273
14	1.052	0.631	0.000	0.645
15	0.000	0.000	0.000	0.000

Nota: Convergencia conseguida debido a que no hay ningún cambio en los centros de *Clusters* o un cambio pequeño. El cambio de la coordenada máxima absoluta para cualquier centro es 0.000. La iteración actual es 15. La distancia mínima entre los centros iniciales es 209.018.

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Fuente: Elaboración propia

En cada iteración, dado que los casos se reasignan a diferente conglomerado, los centros de los conglomerados cambian.

Cada valor indica la distancia entre el nuevo centro de conglomerado y el centro del conglomerado en la etapa previa.

Tabla 28. Centros finales de los Cluster

Variables	Cluster1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
Índice de Pobreza Humana	31.82	15.38	8.62	4.06
Mediana ingreso mensual por habitante	85.7	250.2	407.0	985.7
Nivel agropecuario	60.28	43.31	25.02	6.28

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior muestra los valores finales de los centros de los conglomerados. Los valores son las medias de cada variable en cada conglomerado final. Los centros de los conglomerados finales reflejan los atributos del caso prototipo para cada conglomerado.

- La relación entre los conglomerados es lineal, de tal forma que a medida que se aumenta un valor en el número del *Cluster*, el índice de pobreza y de nivel agropecuario disminuyen, en tanto que el nivel de ingresos aumenta.
- Los corregimientos del *Cluster 1* son los que tienen el Índice de pobreza más alto, los ingresos más bajos y el nivel agropecuario más alto.
- De esta forma los corregimientos del *Cluster 4* son los que tienen el nivel de pobreza más bajo, los ingresos más altos y el nivel agropecuario más bajo.

El análisis de la varianza indica qué variables contribuyen más a la solución de los conglomerados. Así, las variables con valores de F grandes (distribución F de Fisher-Snedecor) proporcionan mayor separación entre los conglomerados. Por tanto, en este caso, la variable que proporciona mayor separación entre los conglomerados es la Mediana ingreso mensual por habitante, con un  $F = 1,880.969$ , mientras que la que menos es el Índice de pobreza humana, con un  $F = 130.837$ . Esto será, posiblemente, debido a que el nivel de desagregación de esta variable es por distrito y no por conglomerado.

Una vez establecido el *Cluster* de pertenencia de cada uno de los 631 corregimientos existente en el Censo de Población de 2010, se puede calcular la población en 2016 para cada uno de los conglomerados:

Tabla 29. corregimientos y Población en 2016 en cada uno de los conglomerados

Cluster	Nº de corregimientos	% de corregimientos	Población en 2016	% de población
Cluster 1	266	42.2%	584,074	14.5%
Cluster 2	234	37.0%	646,886	16.0%
Cluster 3	124	20.7%	2,496,733	61.8%
Cluster 4	7	1.1%	309,350	7.7%
Total	631	100.0%	4,037,043	100.0%



### Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

El siguiente paso, como se verá más adelante, es calcular el nivel de generación para cada uno de los conglomerados anteriores, de forma que se pueda calcular el nivel de generación para todas las agregaciones de corregimientos, rellenos sanitarios, distritos o el propio país en su conjunto.

### 5.3 DATOS DE PARTIDA, GENERACIÓN DE RESIDUOS POR VERTEDERO

En la siguiente tabla se encuentran contenidos los datos de generación de diecisiete vertederos en los que se han realizado pesajes. Para conocer cuáles son los corregimientos que vierten a una determinada área, fue necesario realizar un amplio trabajo de campo, basado fundamentalmente, aunque no únicamente, en los cuestionarios realizados a las administraciones públicas.

Una vez que se determinaron las zonas servidas por cada área de vertido analizada, se recurrió a los datos de población que provienen del Censo de Población de 2010. En dicha operación censal existe una pregunta en la parte del cuestionario destinada a datos de la Vivienda, que es la siguiente:

*¿Cómo eliminan la basura en esta vivienda?*, las respuestas posibles son:

- Carro recolector público
- Carro recolector privado
- Incineración o quema
- Terreno baldío
- Entierro
- Río, quebrada, lago o mar
- Otra forma

Se ha considerado que la población que elimina los residuos mediante carro recolector (tanto público como privado) es la que hay que considerar para los cálculos de generación, ya que las viviendas cuyos residuos no son recogidos con carro, son eliminados de otra forma, de manera que no llegan al vertedero.

**Tabla 30. Generación y población por vertedero**

Nº	Vertedero	Generación diaria en vertedero (persona, kg, día)	Población en corregimientos de Cluster 1	Población en corregimientos de Cluster 2	Población en corregimientos de Cluster 3	Población en corregimientos de Cluster 4
1	Aguadulce	0.762	0	4,605	45,873	0
2	Atalaya	0.857	0	0	8,727	0
3	Boquete	0.628	0	15,837	7,182	0
4	Cerro Patacón	1.250	0	0	1,170,432	309,350
5	Chitré	1.382	0	0	55,988	0
6	El Jobo	0.736	0	7,873	26,690	0
7	Gualaca	0.784	0	4,846	6,006	0
8	Guararé	0.932	309	3,973	4,882	0
9	Isla Colón	0.549	0	2,421	9,040	0
10	La Chorrera	0.980	617	10,536	455,939	0
11	Las Tablas	0.765	412	7,759	17,139	0
12	Montijo	1.026	1,820	4,014	0	0
13	Ocú (*)	0.982	1,591	10,182	0	0
14	Pedasí	0.889	314	5,646	0	0
15	Penonomé	0.754	10,390	33,296	28,348	0

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

Nº	Vertedero	Generación diaria en vertedero (persona, kg, día)	Población en corregimientos de Cluster 1	Población en corregimientos de Cluster 2	Población en corregimientos de Cluster 3	Población en corregimientos de Cluster 4
16	Santa Fe	0.760	3,042	9,693	0	0
17	Soná	0.667	9,938	11,546	0	0

(\*) La población del vertedero de Ocú es el 83% de la población de los corregimientos que vierten, información facilitada por los alcaldes.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo. Censo 2010. Elaboración propia

#### 5.4 DETERMINACIÓN DE NIVELES DE GENERACIÓN

Para la determinación de los niveles de generación de cada uno de los conglomerados en los que se han clasificado a los corregimientos, se han seguido los siguientes pasos:

- Al nivel de generación 4, asociado al *Cluster 4*, se le asigna la ratio de generación en vertedero obtenido en los pesajes realizados en Cerro Patacón.
- Para los niveles de generación 1, 2 y 3 se han establecido todas las posibles combinaciones de sistemas de ecuaciones lineales, de manera que, a partir de la población servida para cada uno de los *Clusters* y de los pesajes obtenidos mediante el trabajo de campo de cada vertedero, se determinan las incógnitas del sistema, es decir, los posibles valores de generación por persona para cada *Cluster*, que explican la generación total diaria pesada en cada área. A continuación, se presenta la formulación estándar de un sistema de ecuaciones:

$$G_{Vi} = \sum_{n=1}^3 (g_n P_{ob_n})$$

$V_i$  comprendido entre 1 y 16. Son las combinaciones de ecuaciones de todos los 16 vertederos analizados (excluido Cerro Patacón), en grupos de 3 ecuaciones.

Donde:

**$G_{Vi}$** : Generación total diaria de cada uno de los 16 vertederos dónde se han realizado los pesajes (excluido Cerro Patacón). Se trata del valor medio de kilogramos de residuos que entran en cada área analizada

**$g_n$** : nivel de generación medio por persona para cada *Cluster n*. Son las incógnitas del sistema de ecuaciones.

**$P_{ob_n}$** : Población servida por cada vertedero y para cada *Cluster n*. Se trata de la población de cada corregimiento a la que se le recogen los residuos con carro, de acuerdo con los datos que se muestran en la tabla anterior.

Para cada grupo de ecuaciones, sistema de ecuaciones lineales, se obtiene un grupo de tres soluciones. El valor medio de estos ha sido adoptado como resultado de la generación por persona en vertedero para los *Clusteres* 1, 2 y 3.

Las localidades indígenas en las que se han realizado pesajes y caracterizaciones son comunidades de escasa población con poco peso dentro del corregimiento al que pertenecen. Por esta razón no se les asigna un nivel específico en esta clasificación por niveles de generación, los datos específicos de estas comunidades se muestran más adelante en este documento. Los resultados finales de datos de generación en vertedero para cada uno de los *Cluster* o conglomerados es el siguiente:

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

**Tabla 31. Generación en vertedero por Cluster**

<i>Cluster</i>	Generación en vertedero (Kg/hab/día)
<i>Cluster 1</i>	0.66
<i>Cluster 2</i>	0.79
<i>Cluster 3</i>	0.98
<i>Cluster 4</i>	1.25

Fuente: Elaboración propia

Partiendo de la base de que al vertedero no llegan todos los residuos generados en origen debido a la ausencia de contenerización se han definido coeficientes correctores, especificados en el anejo nº6, basados en tres premisas principales:

- Ausencia de contenerización
- Existencia de rutas de recogida de residuos incompletas
- Especialización inadecuada del personal de recogida de residuos

Estos coeficientes correctores actúan en este caso, como coeficientes al alza. Se estima asimismo que a medida que los corregimientos son más pequeños y rurales el volumen de residuos que no llega al vertedero es mayor, por lo que los coeficientes correctores serán mayores para los conglomerados con menor generación.

**Tabla 32. Generación en vertedero, coeficientes correctores y generación en origen por Cluster**

<i>Cluster</i>	Generación en vertedero (Kg/hab/día)	Coefficiente corrector (en %)	Generación en origen (Kg/hab/día)
<i>Cluster 1</i>	0.66	56%	1.032
<i>Cluster 2</i>	0.79	45%	1.133
<i>Cluster 3</i>	0.98	31%	1.279
<i>Cluster 4</i>	1.25	24%	1.554

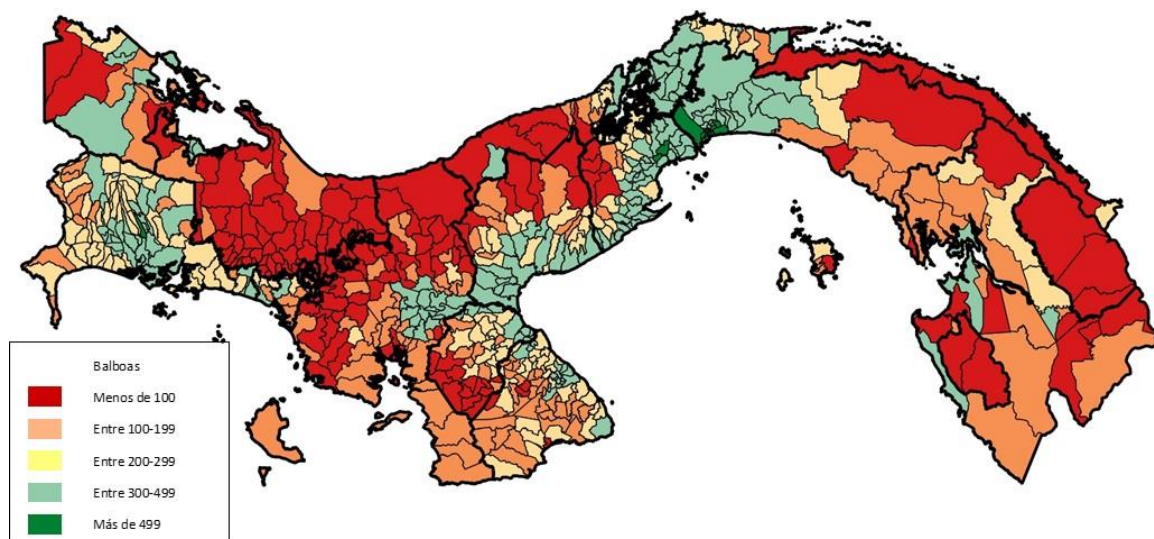
Fuente: Elaboración propia

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

## 5.5 ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN ACTUAL Y EL AÑO HORIZONTE

A partir de los datos anteriores se procede a asignar a cada corregimiento, según su conglomerado de pertenencia, el nivel de generación calculado. El mapa resultante es el siguiente:

Ilustración 7. Cluster de generación por corregimiento



Fuente: Elaboración propia

En la tabla siguiente se muestran los cálculos resultantes de la aplicación de las cantidades de generación diaria por persona a cada uno de los niveles en que se han clasificado los corregimientos. Ello da como resultado el total de generación diaria, en torno a las 5,000 toneladas, que en el año estaría en torno a las 1,830,000 toneladas..

Tabla 33. Generación por persona y total en 2016

Nivel de generación	Población en 2016	Generación en origen 2016 (kg/hab./día)	Generación TOTAL diaria 2016 (kg/día)
Nivel 1	584,074	1.032	602,764
Nivel 2	646,886	1.133	732,922
Nivel 3	2,496,733	1.279	3,193,322
Nivel 4	309,350	1.554	480,730
Total	4,037,043	1.241	5,009,738

Fuente: Elaboración propia

Estimación de la generación de los diferentes tipos de residuos.

El escenario tendencial en 2026, es decir sin ningún tipo de actuación y suponiendo que la generación diaria se incrementa en un 1% anual, supondría un incremento de 1,300 toneladas diarias.

Tabla 34. Escenario tendencial, generación por persona y total en 2026

Nivel de generación	Población en 2026	ESCENARIO TENDENCIAL	
		Generación en origen 2026 (kg/hab/día)	Generación TOTAL diaria 2026 (kg/día)
Nivel 1	681,873	1.140	777,335
Nivel 2	716,232	1.252	896,722
Nivel 3	2,849,573	1.413	4,026,447
Nivel 4	351,880	1.717	604,178
Total	4,599,558	1.371	6,304,682

Fuente: Elaboración propia

El escenario en 2026 con el PNGIR, que prevé la reducción en un 5% de la cantidad generada en de 2016, se muestra en la siguiente tabla, pasando de las 5,000 toneladas diarias actuales a 4,700 en 2026.

Tabla 35. Escenario con PNGIR, generación por persona y total en 2026

Nivel de generación	Población en 2026	ESCENARIO CON PNGIR	
		Generación en origen 2026 (kg/hab/día)	Generación TOTAL diaria 2026 (kg/día)
Nivel 1	681,873	0.861	586,791
Nivel 2	716,232	0.945	676,914
Nivel 3	2,849,573	1.067	3,039,467
Nivel 4	351,880	1.296	456,079
Total	4,599,558	1.035	4,759,251

Fuente: Elaboración propia

En la tabla siguiente se pueden observar las diferencias en la generación diaria por persona y total que existen en el escenario tendencial y en el escenario con PNGIR, la media de reducción por persona es de 336 gramos diarios, en tanto que en el total del país es de 1,500 toneladas.

Tabla 36. Diferencia de generación por persona y total en 2026 en el escenario tendencial y con PNGIR

Nivel de generación	Diferencia generación por Tendencial/PNGIR 2026 (kg/hab/día)	Diferencia generación TOTAL 2026 Tendencial/PNGIR (kg/día)
Nivel 1	-0.279	-190,543
Nivel 2	-0.307	-219,808
Nivel 3	-0.346	-986,980
Nivel 4	-0.421	-148,098
Total	-0.336	-1,545,431

Fuente: Elaboración propia

## 5.6 GENERACIÓN EN COMARCAS INDÍGENAS

Como se indica anteriormente, debido a la diferente actividad de las poblaciones que residen en comarcas indígenas, la generación ha sido estimada de manera diferente.

Los datos de generación de las comarcas indígenas que se han estudiado en origen y cuya metodología de caracterización se encuentra recogida en detalle en el Anejo 1 de este documento se ven reflejados en la siguiente tabla:

**Tabla 37. Generación en origen en Comarcas Indígenas**

Población	Comarca Indígena	Generación en origen (Kg/hab/día)
Mamitupu	Guna Yala	0.550
Isla Aguja	Guna Yala	3.645
Quebrada Guabo	Ngöbe Buglé	0.281
Arimae	Emberá	0.387

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, al haber menos población en estas zonas, la generación es más baja que en el resto del país. Si añadimos que en la mayoría de estas zonas indígenas existe un alto nivel de reutilización de los residuos (para compostaje, para los animales...) obtenemos unos datos de generación más bajos.

En cuanto a la población de Isla Aguja, al ser un lugar principalmente turístico, vemos que la generación existe una gran afluencia de población, ya sea estacional o diaria, que genera residuos en cantidades mucho mayores.