



**EVOLUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS  
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
EN EL CANTÓN CUENCA**

**César Arévalo Vélez  
Fernando Muñoz Pauta**

**Cuenca, julio de 2010**

# EVOLUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN CUENCA

## CONTENIDO:

Resumen

Abstract

Palabras clave

1 Introducción

2 Metodología

2.1 Descripción general de la zona de estudio

2.2 Distribución y estratificación de la población

2.3 Caracterización de los residuos sólidos generados en el cantón Cuenca

3 Resultados

3.1 Residuos sólidos domiciliarios

3.1.1 Generación *per cápita* domiciliaria

3.1.1.1 Área urbana

3.1.1.2 Área rural

3.1.2 Peso específico de almacenamiento

3.1.2.1 Área urbana

3.1.2.2 Área rural

3.1.3 Composición física

3.1.3.1 Área urbana

3.1.3.2 Área rural

3.2 Residuos sólidos de mercados

3.2.1 Tasa de generación y peso específico de almacenamiento

3.2.2 Composición física

### 3.3 Residuos sólidos de barrido de calles y avenidas – Área Urbana del cantón Cuenca

#### 3.3.1 Tasa de generación y peso específico de almacenamiento

#### 3.3.2 Composición física

### 3.4 Evolución de las características de los residuos sólidos de Cuenca

#### 3.4.1 Residuos sólidos domiciliarios – Área Urbana del cantón Cuenca

#### 3.4.2 Residuos sólidos de mercados

#### 3.4.3 Residuos sólidos de barrido de calles y avenidas – Área Urbana del cantón Cuenca

## 4 Discusión

### 4.1 Tamaño de la muestra para la caracterización de residuos sólidos domiciliarios

### 4.2 Residuos sólidos domiciliarios

### 4.3 Residuos sólidos de mercados

### 4.4 Residuos sólidos de barrido

### 4.5 Sugerencias para nuevas investigaciones

## 5 Conclusiones

## AGRADECIMIENTOS

## REFERENCIAS

## ANEXO 1

### Metodología propuesta para la caracterización de residuos sólidos

#### 1 Aspectos básicos

##### 1.1 Estratificación o clasificación de las fuentes generadoras a ser muestreadas

##### 1.2 Determinación del tamaño de la muestra

##### 1.3 Selección de las fuentes generadoras a ser muestreadas

##### 1.4 Residuos sólidos a ser caracterizados

##### 1.5 Definición de los parámetros técnicos a ser determinados

##### 1.6 Reunión de coordinación y evaluación preliminar del manejo de los desechos

##### 1.7 Período de muestreo

##### 1.8 Recolección de muestras

##### 1.9 Logística requerida

## 2 Determinación del tamaño de la muestra para la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios

### 2.1 Estratificación de la población

### 2.2 Criterios estadísticos para determinar el tamaño de la muestra

### 2.3 Validación del tamaño de la muestra “n”

### 2.4 Validación estadística del muestreo

#### 2.4.1 La varianza

#### 2.4.2 Tamaño ideal de la muestra

### 2.5 Generación *per cápita* promedio ponderada de residuos sólidos domiciliarios

### 2.6 Procedimiento para la determinación de los parámetros básicos de los residuos sólidos

#### 2.6.1 Definiciones

#### 2.6.2 Equipos y materiales

#### 2.6.3 Determinación de la tasa de generación de residuos sólidos

#### 2.6.4 Determinación del peso específico de almacenamiento

#### 2.6.5 Determinación de la composición física

#### 2.6.6 Determinación del contenido de humedad

## INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1: Distribución de los clientes emplazados dentro del área urbana de Cuenca, por rangos de consumo de energía eléctrica – Año 2007

Tabla No. 2: Distribución de la población rural del cantón Cuenca – Año 2007 (INEC, 2009)

Tabla No. 3: Criterios utilizados para la caracterización de residuos sólidos en el cantón Cuenca

Tabla 4: Generación *per cápita* domiciliaria promedio ponderada – Área Urbana del cantón Cuenca, año 2007

Tabla 5: Generación *per cápita* domiciliaria promedio ponderada – Área Rural del cantón Cuenca, año 2007

Tabla 6: Peso específico de almacenamiento promedio ponderado de los residuos sólidos domiciliarios – Área Urbana del cantón Cuenca, año 2007

Tabla 7: Peso específico de almacenamiento promedio ponderado de los residuos sólidos domiciliarios – Área Rural del cantón Cuenca, año 2007

Tabla 8: Composición física de los residuos sólidos domiciliarios por rangos de consumo de energía eléctrica – Área Urbana del cantón Cuenca – Año 2007

Tabla 9: Composición física promedio ponderada de los residuos sólidos domiciliarios – Área Urbana del cantón Cuenca – Año 2007

Tabla 10: Composición física de los residuos sólidos domiciliarios de las parroquias rurales con mayor población del cantón Cuenca – Año 2007

Tabla 11: Composición física promedio ponderada de los residuos sólidos domiciliarios – Área Rural del cantón Cuenca – Año 2007

Tabla 12: Tasa de generación y peso específico de almacenamiento de residuos sólidos de mercados – Año 2008

Tabla 13: Composición física de los residuos sólidos de mercados – Año 2008

Tabla 14: Tasa de generación y peso específico de almacenamiento de residuos sólidos de barrido de calles y avenidas – Área Urbana del cantón Cuenca

Tabla 15: Composición física de los residuos sólidos de barrido de calles y avenidas – Área Urbana del cantón Cuenca

Tabla 16: Relación entre estratos socioeconómicos, el consumo de energía eléctrica y la gpd – Área urbana del cantón Cuenca

Tabla 17: Evolución de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios - Área urbana del cantón Cuenca

Tabla 18: Evolución de la composición física de los residuos sólidos de mercados

Tabla 19: Evolución del peso específico de almacenamiento de los residuos sólidos de mercados

Tabla 20: Evolución de la composición física de los residuos sólidos de barrido de calles y avenidas – Área Urbana del cantón Cuenca

Tabla 21: Evolución del peso específico de almacenamiento de los residuos sólidos de barrido de calles y avenidas del Área Urbana del cantón Cuenca

Tabla 22: Determinación del tamaño de la muestra en función de la población y la generación *per cápita* promedio domiciliaria de residuos sólidos

Tabla 23: Variación de la gpd por rangos de consumo de energía eléctrica – Área Urbana del cantón Cuenca, Año 2007

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa político del cantón Cuenca

Figura 2: Generación *per cápita* domiciliaria y abonados de energía eléctrica por rangos de consumo – Área Urbana del cantón Cuenca, año 2007

Figura 3: Peso específico de almacenamiento de los residuos sólidos domiciliares y abonados de energía eléctrica por rangos de consumo – Área Urbana del cantón Cuenca, Año 2007

Figura 4: Resumen de la composición física de los residuos sólidos domiciliares – Área Urbana del cantón Cuenca – Año 2007

Figura 5: Resumen de la composición física de los residuos sólidos domiciliares – Área Rural del cantón Cuenca – Año 2007

Figura 6: Resumen de la composición física de los residuos sólidos de mercados – Año 2008

Figura 7: Resumen de la composición física de los residuos sólidos de mercados – Año 2008

Figura 8: Evolución de la generación *per cápita* domiciliaria por estratos socioeconómicos -Área urbana del cantón Cuenca

Figura 9: Evolución de la población y de la generación *per cápita* domiciliaria promedio ponderada -Área urbana del cantón Cuenca

Figura 10: Evolución del peso específico de almacenamiento de los residuos sólidos domiciliares - Área urbana del cantón Cuenca

Figura 11: Evolución del contenido de materia orgánica, papel y cartón y, plásticos en los residuos sólidos domiciliares– Área urbana del cantón Cuenca

Figura 12: Evolución de la relación del contenido de materia orgánica vs. papel y cartón y, evolución de la relación del contenido de materia orgánica vs. plásticos en los residuos sólidos domiciliares - Área urbana del cantón Cuenca

# EVOLUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CANTÓN CUENCA

Arévalo, C.<sup>1</sup> y Muñoz, F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Empresa Municipal de Aseo de Cuenca, Av. Solano y Av. 12 de Abril, Cuenca, Ecuador; email: [carevalo@emac.gov.ec](mailto:carevalo@emac.gov.ec)*

<sup>2</sup> *Empresa Municipal de Aseo de Cuenca, Av. Solano y Av. 12 de Abril, Cuenca, Ecuador; email: [fmunoz@emac.gov.ec](mailto:fmunoz@emac.gov.ec)*

## Resumen

Para implementar un sistema de gestión integral de residuos sólidos, es imprescindible realizar la caracterización de los residuos sólidos; sin embargo en la legislación ecuatoriana no existe un marco de referencia o una normativa que establezca una metodología estandarizada para cumplir con este propósito. Por otra parte, la bibliografía que aborda la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, recomienda el criterio de estratificación socioeconómica para efectuar el muestreo requerido, criterio que no siempre es susceptible de ser aplicado, básicamente porque la mayoría de Municipios del país, incluido el de Cuenca, no disponen de dicha información. Adicionalmente, para definir técnicamente las estrategias futuras que la problemática de los residuos sólidos requiere, es importante conocer la evolución de los mismos. En este contexto, en la presente investigación se plantea una metodología para caracterizar los residuos sólidos, la cual fue aplicada para los residuos sólidos generados en los domicilios, en el barrido de calles y en los mercados del área urbana y, en los domicilios del área rural del cantón Cuenca. En lo que respecta al muestreo de los residuos sólidos domiciliarios urbanos, se realizó una estratificación de la población en función del consumo mensual promedio de energía eléctrica y, el tamaño de la muestra se determinó a través de un análisis estadístico adaptado para tal propósito. Como parte de dicha caracterización se determinó la generación *per cápita*, la tasa de generación, el peso específico de almacenamiento y la composición física. Con los resultados obtenidos y con la información recopilada de estudios anteriores, se realizó un análisis de la evolución de las características de los residuos sólidos en el cantón Cuenca en las últimas dos décadas, cuyas conclusiones más relevantes fueron las siguientes: la generación *per cápita* domiciliaria (promedio ponderada) de residuos sólidos se ha incrementado desde el año 1990; el peso específico de almacenamiento de los residuos generados en los domicilios, en el barrido de calles y en los mercados del área urbana del cantón Cuenca, ha sufrido un decremento debido al incremento del contenido de plástico, papel y cartón, aspecto que abre la posibilidad de estudiar a detalle la reducción de la frecuencia de recolección domiciliaria (de tres a dos veces por semana), la implementación de un sistema de destrucción térmica con recuperación de energía y, considerando que el contenido de materia orgánica ha disminuido, es necesario también valorar la incidencia de estas variaciones en el comportamiento y condiciones operativas del Relleno Sanitario de Pichacay en el cual se depositan los residuos sólidos recolectados en el cantón Cuenca.

## Abstract

To implement a system of integral management of solid residues, it is indispensable to realize the characterization of the solid waste; nevertheless in the Ecuadorian legislation there does not exist a frame of reference or a regulation that establishes a methodology standardized to expire with this intention. On the other side, the bibliography that approaches the characterization of the domiciliary solid waste, recommends the criterion of socioeconomic stratification to effect the needed sampling, criterion that not always is capable of being applied, basically because the majority of Municipalities of the country, included that of Cuenca, have not the above mentioned information. Additionally, to define technically

the future strategies that the problematic of the solid waste needs, it is important to know its evolution. In this context, in the present research a methodology appears to characterize the solid waste, which was applied for the solid waste generated in the domiciles, in the sweep of streets and on the markets of the urban area and, in the domiciles of the rural area of the Cuenca city. Regarding the sampling of the solid waste urban, a stratification of the population was realized depending on the monthly average consumption of electric energy and, the size of the sample decided across a statistical analysis adapted for this propose. Since part of the above mentioned characterization the generation per capita was determinate, the rate of generation, the specific weight of storage and the physical composition. With the obtained results and with the information obtained of previous studies, there realized an analysis of the evolution of the characteristics of the solid waste in the Cuenca city in the last two decades, which most relevant conclusions were the following ones: the generation per capita domiciliary (average weighted) of solid waste has increased from the year 1990; the specific weight of storage of the solid waste generated in the domiciles, in the sweep of streets and on the markets of the urban area of the Cuenca city, has suffered a decline due to the increase of the content of plastic, paper and carton, aspect that opens the possibility of studying to detail the reduction of the frequency of domiciliary recollection (from three to twice per week), the implementation of a system of thermal destruction with recovery of energy and, considering that the content of organic matter has diminished, is necessary also to value the incident of these variations for the behavior and operative conditions of Pichacay's Sanitary Landfill for which there settle the solid waste gathered in the Cuenca city.

### **Palabras clave**

Caracterización, muestreo, generación *per cápita*, peso específico, composición física

## **1 Introducción**

Todas las ciudades del mundo vienen afrontando los cada vez más crecientes problemas originados por los residuos sólidos, entre los que podemos mencionar la contaminación del suelo, agua y aire y, por ende, todos aquellos relacionados con el deterioro de la salud pública.

Las cantidades, propiedades y características de los residuos sólidos van evolucionando permanentemente a través del tiempo y en todo el mundo. En el Ecuador y de manera particular en la ciudad de Cuenca, esta realidad ha sido investigada de manera parcial y aislada desde el año 1985 (Arévalo et al., 1985; ACSAM, 1990; Municipio de Cuenca, 1995; Muñoz, 1996; Crespo, 2001). De las investigaciones efectuadas, la legislación ecuatoriana no prevé un marco de referencia completo que permita caracterizar los diferentes tipos de residuos sólidos que se producen en el país (OPS/OMS, 2002). Tampoco se ha normado o estandarizado una metodología para determinar la generación de residuos sólidos y sus características, lo que ha ocasionado que en cada ciudad o estudio se utilicen criterios y/o procedimientos diversos para este fin, lo que impide que los resultados obtenidos sean técnicamente comparables.

De la bibliografía recopilada y revisada, se concluye que para efectuar los estudios de caracterización de residuos sólidos domiciliarios efectuados en el Ecuador y en otras ciudades de América, se recomienda o utiliza el criterio de estratificación socioeconómica para efectuar el muestreo requerido (Sakurai, 1983; Grupo de Consultores en Ingeniería Ambiental, 2000; Rodríguez, 2004; Distrito de Santa Anita-

Perú, 2004; Cantanhede et al., 2005; Pontificia Universidad Católica de Valparaíso-Chile, 2006; IBAM, 2006; Municipio de Moyobamba-Perú, 2007), criterio que no siempre es susceptible de ser aplicado, básicamente porque la mayoría de Municipios del país, incluido el de Cuenca, no disponen de dicha estratificación que, para su determinación, requiere de un estudio especializado.

En este contexto, en la presente investigación se plantea una metodología para caracterizar los residuos sólidos, se presentan los resultados obtenidos y la evolución de las características de los residuos sólidos generados en los domicilios, barrido de calles y mercados de la ciudad, en estas dos últimas décadas.

## 2 Metodología

### 2.1 Descripción general de la zona de estudio

La división política del Ecuador hace que cada una de sus 22 provincias esté conformada por cantones, y estos a su vez por parroquias. La zona de estudio es el cantón Cuenca de la provincia del Azuay.



Figura 1: Mapa político del cantón Cuenca

Según la Reforma, Actualización, Complementación y Codificación de la Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial, el cantón Cuenca tiene una superficie de 331664 hectáreas (Municipio de Cuenca, 2009) y una población de 487901 habitantes (INEC, 2009). Se encuentra dividido en 14 parroquias urbanas y 21 rurales.

La ciudad de Santa Ana de los Ríos de Cuenca es la cabecera cantonal y capital de la provincia del Azuay. Se encuentra ubicada en un valle interandino de la sierra sur ecuatoriana a 441 km al sur de Quito, a una altitud promedio de 2560 m.s.n.m. y cuenta con una población urbana de 388420 habitantes y una población rural de 99481 habitantes (INEC, 2009). Fue declarada como Patrimonio Cultural de la Humanidad el

04 de diciembre de 1999. Goza de un clima típicamente templado, con una temperatura promedio de 17°C. (Municipio de Cuenca, 2009).

## 2.2 Distribución y estratificación de la población

Bajo la hipótesis de que una familia de mayores ingresos económicos genera una mayor cantidad de residuos sólidos y, al no disponerse de estudios de estratificación socioeconómica para el cantón Cuenca, se plantea que se utilice el consumo de energía eléctrica como un mecanismo para estratificar de manera indirecta a la población urbana desde el punto de vista de sus ingresos, pues se prevé que un mayor nivel socioeconómico incide en un mayor consumo de energía eléctrica (Espín, 2009), y por ende la generación *per cápita* domiciliar de basuras también es mayor.

Con el objeto de facilitar la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en el área urbana del cantón Cuenca, se realizó un muestreo aleatorio estratificado, proporcional por rangos de consumo de energía eléctrica. Se obtuvo de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., el listado de clientes del área urbana, con la siguiente información correspondiente al año 2007: código de cliente, nombre del cliente, dirección y consumo mensual promedio de energía eléctrica.

Seguidamente se presenta la estratificación efectuada para los clientes emplazados dentro del área urbana del cantón Cuenca.

<b>RANGO CONSUMO ELÉCTRICO (kwh mes<sup>-1</sup>)</b>	<b>No. MEDIDORES</b>	<b>%</b>
0 - 100	25887	38,07
101 - 200	26436	38,88
201 - 300	10570	15,54
301 - 400	3163	4,65
401 - 500	1081	1,59
> 500	862	1,27
<b>TOTAL</b>	<b>67999</b>	<b>100,00</b>

Tabla No. 1: Distribución de los clientes emplazados dentro del área urbana de Cuenca, por rangos de consumo de energía eléctrica – Año 2007

Es necesario mencionar que los 67999 clientes registrados en la EERCS S.A. a agosto de 2007, representaban a una población urbana de 359730 habitantes (INEC, 2009).

La población rural del cantón Cuenca está asentada en 21 parroquias rurales, cuya distribución proyectada para el año 2007 (INEC, 2009) fue la siguiente:

<b>PARROQUIA</b>	<b>PROYECCIÓN POBLACIONAL 2007 (Hab.)</b>	<b>%</b>
Baños	9855	8,85
Cumbe	4024	3,61
Chaucha	1311	1,18
Checa (Jidcay)	2167	1,95
Chiquintad	3271	2,94
Llacao	3615	3,25
Molleturo	4193	3,77
Nulti	3686	3,31
Octavio Cordero Palacios	1749	1,57
Paccha	4265	3,83
Quingeo	4534	4,07
Ricaurte	11248	10,10
San Joaquín	4117	3,70
Santa Ana	3806	3,42
Sayausi	5335	4,79
Sidcay	2762	2,48
Sinincay	10159	9,12
Tarqui	7149	6,42
Turi	5374	4,83
Valle	15012	13,48
Victoria del Portete	3708	3,33
<b>TOTAL</b>	<b>111342</b>	<b>100,00</b>

Tabla No. 2: Distribución de la población rural del cantón Cuenca – Año 2007 (INEC, 2009)

### **2.3 Caracterización de los residuos sólidos generados en el cantón Cuenca**

Para cumplir con esta actividad se desarrolló una “Metodología para la Caracterización de Residuos Sólidos”, la cual se detalla en el Anexo No. 1.

Con el propósito de actualizar la información sobre las características de los residuos sólidos en el cantón Cuenca y analizar su evolución en las últimos dos décadas, se procedió a caracterizar los residuos sólidos generados en domicilios, mercados y barrido de calles, utilizando los siguientes criterios:

CRITERIOS	FUENTE GENERADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS		
	DOMICILIOS	MERCADOS	BARRIDO DE CALLES
<b>ESTRATIFICACIÓN O CLASIFICACIÓN</b>	<p>Área urbana: Seis rangos de consumo de energía eléctrica (kwh/mes): (0-100, 101-200, 201-300, 301-400, 401-500 y &gt; 500)</p> <p>Área rural: Centro urbano-parroquial y corredores de crecimiento de seis parroquias rurales (Baños, Tarqui, El Valle, Turi, Ricaurte y Sinincay), que representan el 52,8 % del total de la población rural del cantón Cuenca.</p>	<p>Mayoristas: Feria Libre "El Arenal"</p> <p>Minoristas: 10 de Agosto y 12 de Abril</p> <p>En cada mercado se diferencian los residuos almacenados en tanques de color tomate (materia inorgánica) y los almacenados en tanques de color verde (materia orgánica), debido al almacenamiento diferenciado implementado por la EMAC</p>	<p>Centro Histórico</p> <p>Calles, Avenidas y Ciudadelas del resto de la ciudad</p>
<b>TAMAÑO MUESTRA</b>	<p>Área urbana: 300 muestras diarias, distribuidas proporcionalmente de acuerdo al número de medidores de energía eléctrica existentes en los seis estratos antes definidos</p> <p>Área rural: 25 muestras diarias de cada parroquia: 15 del centro urbano-parroquial y 10 del corredor de crecimiento</p>	<p>8 muestras diarias: 4 muestras del mercado mayorista y 2 muestras por cada mercado minorista.</p>	<p>Centro Histórico --&gt; 2 zonas de barrido</p> <p>4 muestras diarias: 2 muestras por cada zona, lo que representa a 1 muestra por cada 5,87 km.</p> <p>Calles, Avenidas y Ciudadelas --&gt; 4 zonas de barrido</p> <p>12 muestras diarias: 3 muestras por cada zona, lo que representa 1 muestra por cada 12,66 km.</p>
<b>SELECCIÓN DE LAS FUENTES GENERADORAS A SER MUESTREADAS</b>	Los domicilios muestreados fueron elegidos en forma aleatoria por cada rango o sector, respectivamente	Único mercado mayorista de la ciudad y tres mercados minoristas (más representativos)	Centro Histórico: 23,47 km/día (promedio) Calles, Avenidas y Ciudadelas: 151,92 km/día (promedio)
<b>RESIDUOS SÓLIDOS A SER CARACTERIZADOS</b>	Residuos sólidos no peligrosos	Residuos sólidos no peligrosos	Residuos sólidos no peligrosos
<b>PARÁMETROS TÉCNICOS A SER DETERMINADOS</b>	Generación per cápita Peso específico de almacenamiento Composición física	Tasa de generación de residuos sólidos Peso específico de almacenamiento Composición Física	Tasa de generación de residuos sólidos Peso específico de almacenamiento Composición Física
<b>PERÍODO DE MUESTREO</b>	<p>Área urbana: 17/agosto/2007 - 07/septiembre/2007</p> <p>Área rural: 10/agosto/2007 - 21/agosto/2007</p> <p>El trabajo de campo (muestreo) fue de ocho días consecutivos</p>	<p>25/mayo/2008 - 01 de junio/2008</p> <p>El trabajo de campo (muestreo) fue de ocho días consecutivos</p>	<p>25/mayo/2008 - 01 de junio/2008</p> <p>El trabajo de campo (muestreo) fue de ocho días consecutivos</p>
<b>APOYO PARA EJECUCIÓN DEL MUESTREO</b>	Estudiantes 5to. Año de Ingeniería Civil - Universidad Católica de Cuenca - 2007	Estudiantes 5to. Año de Ingeniería Civil - Universidad Católica de Cuenca - 2008	Estudiantes 5to. Año de Ingeniería Civil - Universidad Católica de Cuenca - 2008

Tabla No. 3: Criterios utilizados para la caracterización de residuos sólidos en el cantón Cuenca

### 3 Resultados

#### 3.1 Residuos sólidos domiciliarios

##### 3.1.1 Generación *per cápita* domiciliaria

###### 3.1.1.1 Área urbana

RANGO DE CONSUMO ELÉCTRICO	No. DE MEDIDORES	PERÍODO DE MUESTREO	GENERACIÓN PERCÁPITA (kg hab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	gpd * No. Medidores
0 - 100	25887	21 al 28/AGO/2007	0,550	14241,57
101 - 200	26436	27/AGO/2007 - 03/SEP/2007	0,459	12138,55
201 - 300	10570	21 al 28/AGO/2007	0,590	6231,45
301 - 400	3163	27/AGO/2007 - 03/SEP/2007	0,575	1817,36
401 - 500	1081	27/AGO/2007 - 03/SEP/2007	0,563	608,25
≥ 501	862	27/AGO/2007 - 03/SEP/2007	0,607	523,35
<b>TOTAL</b>	<b>67999</b>			<b>35560,53</b>

<b>GENERACIÓN PER CÁPITA PROMEDIO PONDERADA</b>	<b>35560,53 / 67999 =</b>	<b>0,523</b>	<b>kg hab<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup></b>
---	---------------------------	--------------	---

Tabla 4: Generación *per cápita* domiciliaria promedio ponderada – Área Urbana del cantón Cuenca, año 2007

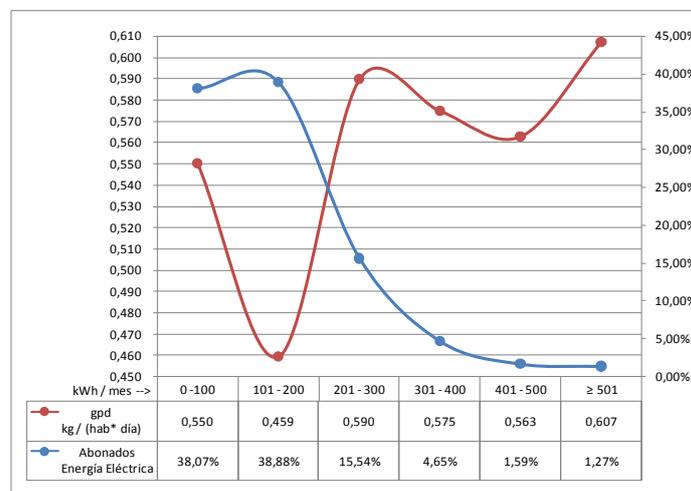


Figura 2: Generación *per cápita* domiciliaria y abonados de energía eléctrica por rangos de consumo – Área Urbana del cantón Cuenca, año 2007.

### 3.1.1.2 Área rural

PARROQUIA	POBLACIÓN (Hab.)	PERÍODO DE MUESTREO	GENERACIÓN PERCÁPITA (kg hab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	gpd * Pob.
TURI	5374	13 al 20/AGO/2007	0,454	2438,38
TARQUI	7149	13 al 20/AGO/2007	0,291	2081,98
BAÑOS	9855	13 al 20/AGO/2007	0,423	4169,48
SININCAY	10159	13 al 20/AGO/2007	0,300	3046,09
RICAUARTE	11248	13 al 20/AGO/2007	0,274	3082,27
EL VALLE	15012	13 al 20/AGO/2007	0,352	5282,69
<b>TOTAL</b>	<b>58797</b>			<b>20100,89</b>

<b>GENERACIÓN</b>			
<b>PER CÁPITA</b>	<b>20100,89 / 58797 =</b>	<b>0,342</b>	<b>kg hab<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup></b>
<b>PROMEDIO PONDERADA</b>			

Tabla 5: Generación *per cápita* domiciliaria promedio ponderada – Área Rural del cantón Cuenca, año 2007

### 3.1.2 Peso específico de almacenamiento

#### 3.1.2.1 Área urbana

RANGO DE CONSUMO ELÉCTRICO	No. DE MEDIDORES	PERÍODO DE MUESTREO	PESO ESPECÍFICO (kg m <sup>-3</sup> )	P.esp. * No. Medidores
0 -100	25887	21 al 28/AGO/2007	181,85	4707531,62
101 - 200	26436	27/AGO/2007 - 03/SEP/2007	176,93	4677323,75
201 - 300	10570	21 al 28/AGO/2007	157,81	1668058,75
≥ 301	5106	27/AGO/2007 - 03/SEP/2007	225,55	1151657,81
<b>TOTAL</b>	<b>67999</b>			<b>12204571,93</b>

<b>PESO ESPECÍFICO</b>			
<b>PROMEDIO</b>	<b>12204571,93 / 67999 =</b>	<b>179,48</b>	<b>kg m<sup>-3</sup></b>
<b>PONDERADO</b>			

Tabla 6: Peso específico de almacenamiento promedio ponderado de los residuos sólidos domiciliarios – Área Urbana del cantón Cuenca, año 2007

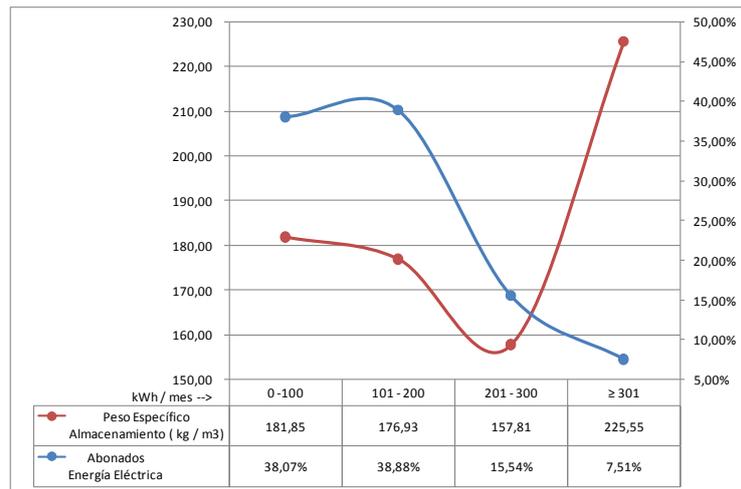


Figura 3: Peso específico de almacenamiento de los residuos sólidos domiciliarios y abonados de energía eléctrica por rangos de consumo – Área Urbana del cantón Cuenca, Año 2007

### 3.1.2.2 Área rural

PARROQUIA	POBLACIÓN (Hab.)	PERÍODO DE MUESTREO	PESO ESPECÍFICO (kg m <sup>-3</sup> )	P.esp. * Pob.
TURI	5374	13 al 20/AGO/2007	176,61	949075,27
TARQUI	7149	13 al 20/AGO/2007	110,38	789114,08
BAÑOS	9855	13 al 20/AGO/2007	137,45	1354586,15
SININCAY	10159	13 al 20/AGO/2007	175,85	1786483,85
RICAUARTE	11248	13 al 20/AGO/2007	227,80	2562328,14
EL VALLE	15012	13 al 20/AGO/2007	164,43	2468438,17
<b>TOTAL</b>	<b>58797</b>			<b>9910025,67</b>

PESO ESPECÍFICO			
PROMEDIO	$9910025,67 / 58797 =$	<b>168,55</b>	<b>(kg m<sup>-3</sup>)</b>
PONDERADO			

Tabla 7: Peso específico de almacenamiento promedio ponderado de los residuos sólidos domiciliarios – Área Rural del cantón Cuenca, año 2007

### 3.1.3 Composición física

#### 3.1.3.1 Área urbana

	RANGOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (kWh/mes)			
	0 - 100	101 - 200	201 - 300	≥ 301
<b>Abonados de energía eléctrica</b>	<b>38,07%</b>	<b>38,88%</b>	<b>15,54%</b>	<b>7,51%</b>
<b>COMPONENTES</b>	<b>% en Peso</b>			
MATERIA ORGÁNICA	57,25	50,21	51,75	68,35
PAPEL Y CARTÓN	10,06	9,02	6,71	6,62
METALES	1,22	2,11	1,62	0,74
PLÁSTICO BLANDO	4,75	7,87	8,48	6,34
PLÁSTICO RÍGIDO	4,81	4,87	4,66	3,03
CAUCHO	0,10	1,00	0,00	0,55
MATERIA INERTE	0,00	0,22	0,00	0,00
VIDRIO	2,65	3,51	3,75	1,95
MADERA	0,01	0,84	0,58	1,05
TEXTILES	2,42	3,51	2,49	1,55
PAPEL HIGIÉNICO, PAÑALES, TOALLAS	13,94	14,24	18,78	9,27
TETRAPACK	0,70	0,57	0,56	0,31
OTROS	2,09	2,04	0,61	0,24
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Tabla 8: Composición física de los residuos sólidos domiciliarios por rangos de consumo de energía eléctrica – Área Urbana del cantón Cuenca – Año 2007

COMPONENTES	ÁREA URBANA								Sumatoria (% * No. Med.)	COMPOSICIÓN FÍSICA PONDERADA (% en peso)
	RANGO (0 - 100)		RANGO (101 - 200)		RANGO (201 - 300)		RANGO (≥ 301)			
	25887	Medidores	26436	Medidores	10570	Medidores	5106	Medidores		
	(% en peso)	(% * No. Med.)	(% en peso)	(% * No. Med.)	(% en peso)	(% * No. Med.)	(% en peso)	(% * No. Med.)		
MATERIA ORGÁNICA	57,25	1.482.158,22	50,21	1.327.361,27	51,75	547.021,77	68,35	348.970,75	3.705.512,01	<b>54,49</b>
PAPEL Y CARTÓN	10,06	260.437,10	9,02	238.331,58	6,71	70.976,33	6,62	33.804,03	603.549,03	<b>8,88</b>
METALES	1,22	31.679,71	2,11	55.806,51	1,62	17.141,43	0,74	3.767,70	108.395,35	<b>1,59</b>
PLÁSTICO BLANDO	4,75	123.074,96	7,87	208.126,69	8,48	89.629,42	6,34	32.383,17	453.214,24	<b>6,67</b>
PLÁSTICO RÍGIDO	4,81	124.396,51	4,87	128.658,80	4,66	49.228,96	3,03	15.487,30	317.771,57	<b>4,67</b>
CAUCHO	0,10	2.473,91	1,00	26.505,27	-	-	0,55	2.805,61	31.784,79	<b>0,47</b>
MATERIA INERTE	-	-	0,22	5.743,16	-	-	-	-	5.743,16	<b>0,08</b>
VIDRIO	2,65	68.645,68	3,51	92.849,98	3,75	39.638,89	1,95	9.965,01	211.099,56	<b>3,10</b>
MADERA	0,01	247,39	0,84	22.213,27	0,58	6.128,48	1,05	5.373,16	33.962,30	<b>0,50</b>
TEXTILES	2,42	62.539,22	3,51	92.766,68	2,49	26.322,68	1,55	7.912,48	189.541,07	<b>2,79</b>
APEL HIGIÉNICO, PAÑALES, TOALLA	13,94	360.981,47	14,24	376.360,16	18,78	198.549,39	9,27	47.318,74	983.209,76	<b>14,46</b>
TETRAPACK	0,70	18.059,02	0,57	15.022,69	0,56	5.961,20	0,31	1.583,77	40.626,67	<b>0,60</b>
OTROS	2,09	54.006,81	2,04	53.853,93	0,61	6.401,45	0,24	1.228,29	115.490,48	<b>1,70</b>
	100,00		100,00		100,00		100,00			<b>100,00</b>

Tabla 9: Composición física promedio ponderada de los residuos sólidos domiciliarios – Área Urbana del cantón Cuenca – Año 2007

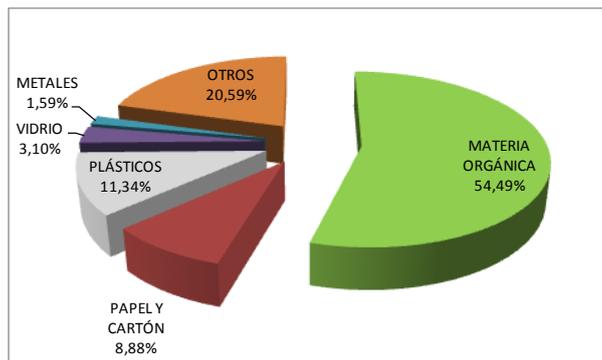


Figura 4: Resumen de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios – Área Urbana del cantón Cuenca – Año 2007

### 3.1.3.2 Área rural

	PARROQUIAS RURALES					
	EL VALLE	TURI	BAÑOS	TARQUI	RICAUARTE	SININCAY
<b>Población ( hab.)</b>	<b>15012</b>	<b>5374</b>	<b>9855</b>	<b>7149</b>	<b>11248</b>	<b>10159</b>
<b>COMPONENTES</b>	<b>% en Peso</b>					
MATERIA ORGÁNICA	49,71	41,55	46,44	46,38	60,40	44,65
PAPEL Y CARTÓN	5,22	4,80	16,69	8,02	5,99	7,78
METALES	2,32	2,59	1,15	1,78	0,40	1,74
PLÁSTICO BLANDO	7,35	8,36	7,22	7,42	8,76	8,13
PLÁSTICO RÍGIDO	8,28	6,18	5,97	14,80	3,71	5,39
CAUCHO	0,94	0,25	0,00	2,45	0,95	1,82
MATERIA INERTE	0,00	3,16	0,30	1,20	0,71	1,22
VIDRIO	3,96	6,80	2,72	3,62	1,75	3,15
MADERA	0,41	0,27	0,97	0,43	0,08	1,03
TEXTILES	2,82	2,05	5,49	2,70	3,26	1,33
PAPEL HIGIÉNICO, PAÑALES, TOALLAS	17,66	18,40	11,70	10,16	13,08	22,55
TETRAPACK	0,18	0,06	0,46	0,12	0,18	0,00
OTROS	1,17	5,53	0,89	0,92	0,75	1,21
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Tabla 10: Composición física de los residuos sólidos domiciliarios de las parroquias rurales con mayor población del cantón Cuenca – Año 2007

COMPONENTES	PARROQUIAS RURALES												Sumatoria (% * Pob.)	COMPOSICIÓN FÍSICA PONDERADA (% en peso)
	EL VALLE		TURI		BANOS		TARQUI		RICAURTE		SININCAY			
	15012	Hab.	5374	Hab.	9855	Hab.	7149	Hab.	11248	Hab.	10159	Hab.		
	(% en peso)	(% * Pob.)	(% en peso)	(% * Pob.)	(% en peso)	(% * Pob.)	(% en peso)	(% * Pob.)	(% en peso)	(% * Pob.)	(% en peso)	(% * Pob.)		
MATERIA ORGÁNICA	49,71	1.286.899,52	41,55	1.098.443,04	46,44	490.865,77	46,38	146.694,45	60,40	65.288,44	44,65	38.488,30	3.126.679,52	<b>45,98</b>
PAPEL Y CARTÓN	5,22	135.006,41	4,80	126.950,32	16,69	176.437,71	8,02	25.378,99	5,99	6.474,83	7,78	6.703,49	476.951,75	<b>7,01</b>
METALES	2,32	60.041,01	2,59	68.586,25	1,15	12.174,40	1,78	5.621,16	0,40	429,52	1,74	1.499,88	148.352,22	<b>2,18</b>
PLÁSTICO BLANDO	7,35	190.240,29	8,36	220.985,22	7,22	76.311,67	7,42	23.462,90	8,76	9.464,52	8,13	7.005,19	527.469,78	<b>7,76</b>
PLÁSTICO RÍGIDO	8,28	214.366,58	6,18	163.412,62	5,97	63.119,08	14,80	46.808,50	3,71	4.009,43	5,39	4.646,18	496.362,39	<b>7,30</b>
CAUCHO	0,94	24.224,39	0,25	6.536,27	-	-	2,45	7.765,06	0,95	1.023,35	1,82	1.571,71	41.120,77	<b>0,60</b>
MATERIA INERTE	-	-	3,16	83.497,75	0,30	3.185,65	1,20	3.782,79	0,71	767,51	1,22	1.054,51	92.288,21	<b>1,36</b>
VIDRIO	3,96	102.396,60	6,80	179.736,08	2,72	28.743,03	3,62	11.446,68	1,75	1.888,15	3,15	2.718,17	326.928,72	<b>4,81</b>
MADERA	0,41	10.638,83	0,27	7.022,08	0,97	10.284,03	0,43	1.358,68	0,08	86,48	1,03	887,86	30.277,96	<b>0,45</b>
TEXTILES	2,82	72.965,72	2,05	54.101,54	5,49	58.001,80	2,70	8.555,48	3,26	3.525,86	1,33	1.146,46	198.296,86	<b>2,92</b>
PAPEL HIGIÉNICO, PAÑALES, TOALLAS	17,66	457.110,71	18,40	486.489,17	11,70	123.624,70	10,16	32.148,57	13,08	14.136,24	22,55	19.438,10	1.132.947,49	<b>16,66</b>
TETRAPACK	0,18	4.633,38	0,06	1.709,41	0,46	4.869,48	0,12	376,55	0,18	190,98	-	-	11.779,79	<b>0,17</b>
OTROS	1,17	30.176,56	5,53	146.130,26	0,89	9.382,67	0,92	2.900,19	0,75	814,35	1,21	1.043,02	190.447,05	<b>2,80</b>
	100,00		100,00		100,00		100,00		100,00		100,00			<b>100,00</b>

Tabla 11: Composición física promedio ponderada de los residuos sólidos domiciliarios – Área Rural del cantón Cuenca – Año 2007

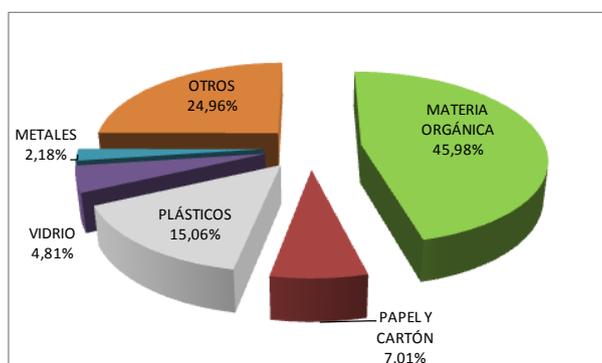


Figura 5: Resumen de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios – Área Rural del cantón Cuenca – Año 2007

## 3.2 Residuos sólidos de mercados

### 3.2.1 Tasa de generación y peso específico de almacenamiento

MERCADO	CONTENEDORES COLOR TOMATE (Materia inorgánica)			CONTENEDORES COLOR VERDE (Materia orgánica)		
	TASA DE GENERACIÓN (Ton día <sup>-1</sup> )	PESO ESPECÍFICO DE ALMACENAMIENTO (kg m <sup>-3</sup> )	TASA GEN. * PESO ESP.	TASA DE GENERACIÓN (Ton día <sup>-1</sup> )	PESO ESPECÍFICO DE ALMACENAMIENTO (kg m <sup>-3</sup> )	TASA GEN. * PESO ESP.
10 de Agosto	0,57	89,62	51,09	1,74	273,75	476,74
12 de Abril	0,86	120,64	103,83	2,48	347,56	861,71
El Arenal	7,23	231,84	1.675,57	7,26	349,43	2.537,53
<b>TOTAL</b>	<b>8,66</b>		<b>1.830,49</b>	<b>11,48</b>		<b>3.875,99</b>

**PESO ESPECÍFICO PROMEDIO PONDERADO**  
 $(1830,49 + 3875,99) / (8,66 + 11,48) = 283,33 \text{ kg m}^{-3}$

Tabla 12: Tasa de generación y peso específico de almacenamiento de residuos sólidos de mercados – Año 2008

### 3.2.2 Composición física

COMPONENTES	CONTENEDORES COLOR TOMATE (Materia inorgánica)			CONTENEDORES COLOR VERDE (Materia orgánica)			PESOS COMPONENTES (Ton.)				COMPOSICIÓN FÍSICA PROMEDIO PONDERADA (% EN PESO)
	VALORES PROMEDIO (% EN PESO)			VALORES PROMEDIO (% EN PESO)							
	10 de Agosto	12 de Abril	El Arenal	10 de Agosto	12 de Abril	El Arenal	10 de Agosto	12 de Abril	El Arenal	SUBTOTAL	
Materia Orgánica	30,97	34,00	51,34	99,09	97,75	98,55	1,90	2,72	10,87	15,48	<b>76,88</b>
Papel y Cartón	16,94	18,17	14,79	0,08	0,44	0,49	0,10	0,17	1,10	1,37	<b>6,80</b>
Metales	0,97	2,13	0,93	-	0,05	-	0,01	0,02	0,07	0,09	<b>0,46</b>
Plástico Blando	13,45	9,16	12,27	0,28	0,75	0,77	0,08	0,10	0,94	1,12	<b>5,57</b>
Plástico Rígido	7,72	11,71	6,32	-	-	-	0,04	0,10	0,46	0,60	<b>2,99</b>
Caucho	0,14	-	1,05	-	-	-	0,00	-	0,08	0,08	<b>0,38</b>
Materia Inerte	0,75	0,15	1,43	0,18	-	-	0,01	0,00	0,10	0,11	<b>0,56</b>
Vidrio	3,64	8,72	1,29	-	-	-	0,02	0,07	0,09	0,19	<b>0,94</b>
Madera	6,93	1,13	0,45	-	0,04	0,19	0,04	0,01	0,05	0,10	<b>0,48</b>
Textiles	3,28	2,07	1,65	0,26	0,41	-	0,02	0,03	0,12	0,17	<b>0,85</b>
Papel Higiénico, Pañales, Toallas	10,26	9,19	7,94	0,11	0,04	-	0,06	0,08	0,57	0,71	<b>3,55</b>
Tetrapack	0,15	0,20	0,25	-	-	-	0,00	0,00	0,02	0,02	<b>0,10</b>
Otros	4,82	3,38	0,30	-	0,53	-	0,03	0,04	0,02	0,09	<b>0,45</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>2,31</b>	<b>3,34</b>	<b>14,49</b>	<b>20,14</b>	<b>100,00</b>

<b>TASA GENERACIÓN (Ton día<sup>-1</sup>)</b>	<b>0,57</b>	<b>0,86</b>	<b>7,23</b>	<b>1,74</b>	<b>2,48</b>	<b>7,26</b>
---	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Tabla 13: Composición física de los residuos sólidos de mercados – Año 2008

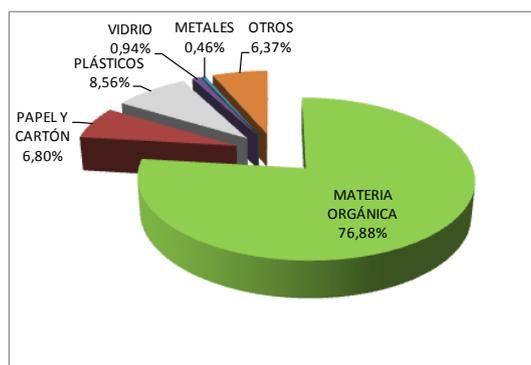


Figura 6: Resumen de la composición física de los residuos sólidos de mercados – Año 2008

### 3.3 Residuos sólidos de barrido de calles y avenidas – Área Urbana del cantón Cuenca

#### 3.3.1 Tasa de generación y peso específico de almacenamiento

ZONA	LONGITUD PROMEDIO DE BARRIDO (km día <sup>-1</sup> )	TASA DE GENERACIÓN RESIDUOS SÓLIDOS (kg km <sup>-1</sup> )	PESO ESPECÍFICO PROMEDIO PONDERADO (kg m <sup>-3</sup> )	TASA GEN. * PESO ESP.
CENTRO HISTÓRICO	23,47	19,02	299,25	5691,74
CALLES, AVENIDAS Y CIUDADELAS	151,92	21,16	239,21	5061,68
		40,18		10753,42

<b>PESO ESPECÍFICO PROMEDIO PONDERADO</b>	<b>10753,42 / 40,18 = 267,63 kg m<sup>-3</sup></b>
---	--

Tabla 14: Tasa de generación y peso específico de almacenamiento de residuos sólidos de barrido de calles y avenidas – Área Urbana del cantón Cuenca

#### 3.3.2 Composición física

COMPONENTES	(% EN PESO)		PESO COMPONENTES (kg)			COMPOSICIÓN FÍSICA PROMEDIO PONDERADA (% EN PESO)
	CENTRO HISTÓRICO	CALLES, AVENIDAS Y CIUDADELAS	CENTRO HISTÓRICO	CALLES, AVENIDAS Y CIUDADELAS	SUBTOTAL	
MATERIA ORGÁNICA	37,61	37,65	7,15	7,97	15,12	37,63
PAPEL Y CARTÓN	16,42	12,48	3,12	2,64	5,76	14,35
METALES	0,93	0,92	0,18	0,20	0,37	0,93
PLÁSTICO BLANDO	4,49	12,29	0,85	2,60	3,45	8,60
PLÁSTICO RÍGIDO	14,06	7,89	2,67	1,67	4,34	10,81
CAUCHO	0,06	0,72	0,01	0,15	0,16	0,40
MATERIA INERTE	4,71	11,20	0,90	2,37	3,27	8,13
VIDRIO	5,73	9,01	1,09	1,91	3,00	7,45
MADERA	3,70	1,25	0,70	0,26	0,97	2,41
TEXTILES	1,34	1,75	0,26	0,37	0,63	1,56
PAPEL HIGIÉNICO, TOALLAS Y PAÑALES	4,49	3,56	0,85	0,75	1,61	4,00
TETRAPACK	0,41	0,35	0,08	0,07	0,15	0,38
OTROS	6,05	0,92	1,15	0,19	1,35	3,35
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>19,02</b>	<b>21,16</b>	<b>40,18</b>	<b>100,00</b>

<b>TASA DE GENERACIÓN (kg km<sup>-1</sup>)</b>	<b>19,02</b>	<b>21,16</b>
--	--------------	--------------

Tabla 15: Composición física de los residuos sólidos de barrido de calles y avenidas – Área Urbana del cantón Cuenca

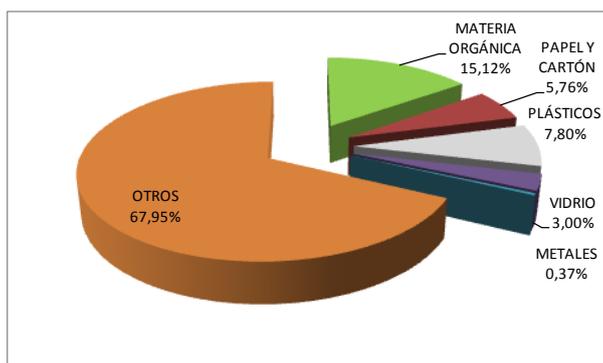


Figura 7: Resumen de la composición física de los residuos sólidos de mercados – Año 2008

### 3.4 Evolución de las características de los residuos sólidos de Cuenca

#### 3.4.1 Residuos sólidos domiciliarios – Área Urbana del cantón Cuenca

Con el objeto de realizar la comparación de los valores de la generación *per cápita* domiciliaria determinada en esta investigación con los registrados en estudios anteriores, se adoptó los criterios de Espín N. (2009) para estratificar en niveles socioeconómicos a los usuarios con diferentes consumos de energía eléctrica. Una vez definido los estratos se determinó la generación *per cápita* de cada uno de ellos, a base de los datos obtenidos durante el muestreo, obteniéndose los siguientes resultados que se presentan en la Tabla 6 y en la Figura 8:

ESTRATO SOCIOECONÓMICO	CONSUMO ENERGÍA ELECTRICA (kwh mes <sup>-1</sup> hogar <sup>-1</sup> )	GENERACIÓN PER CÁPITA DOMICILIARIA (kg hab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )
V3 (Bajo)	0 - 200	0,505
V2 (Medio)	201 - 500	0,576
V1 (Alto)	> 500	0,607

Tabla 16: Relación entre estratos socioeconómicos, el consumo de energía eléctrica y la gpd – Área urbana del cantón Cuenca.

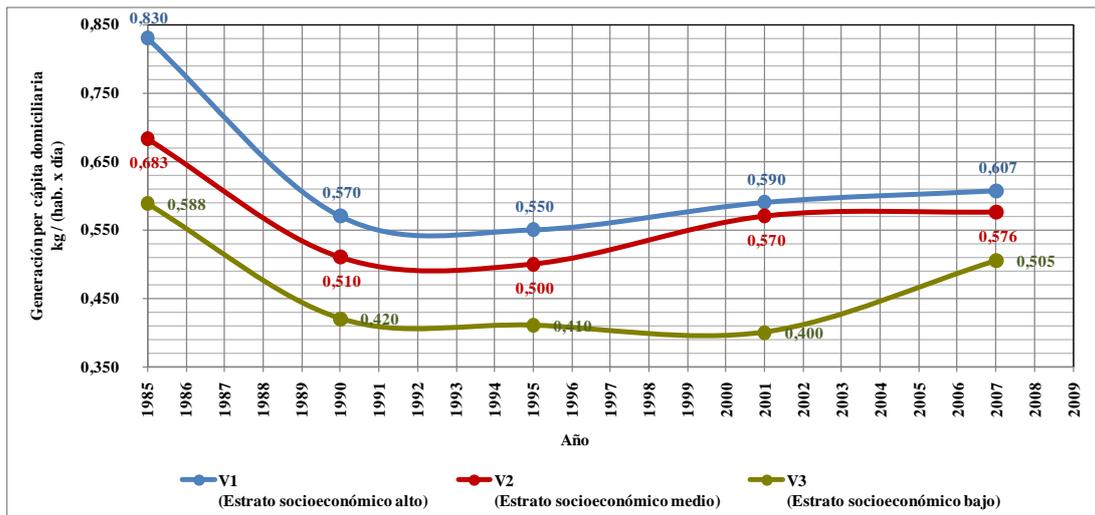


Figura 8: Evolución de la generación *per cápita* domiciliaria por estratos socioeconómicos -Área urbana del cantón Cuenca

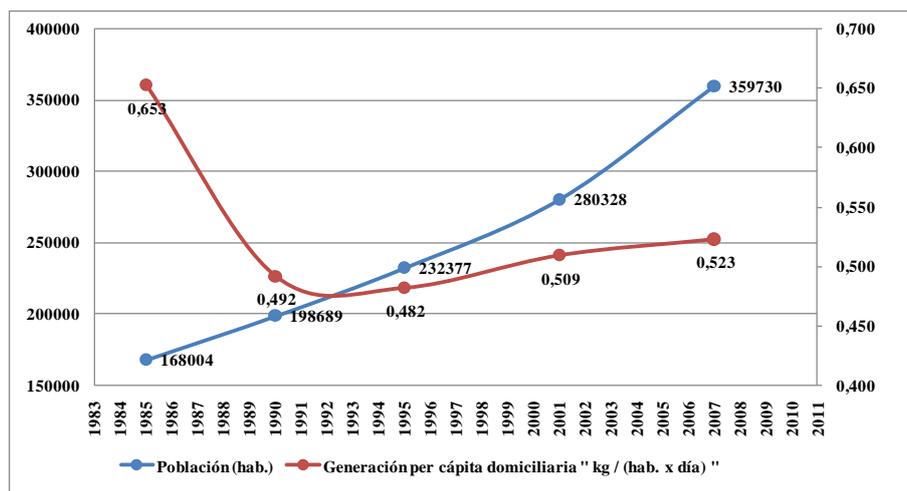


Figura 9: Evolución de la población y de la generación *per cápita* domiciliaria promedio ponderada -Área urbana del cantón Cuenca.

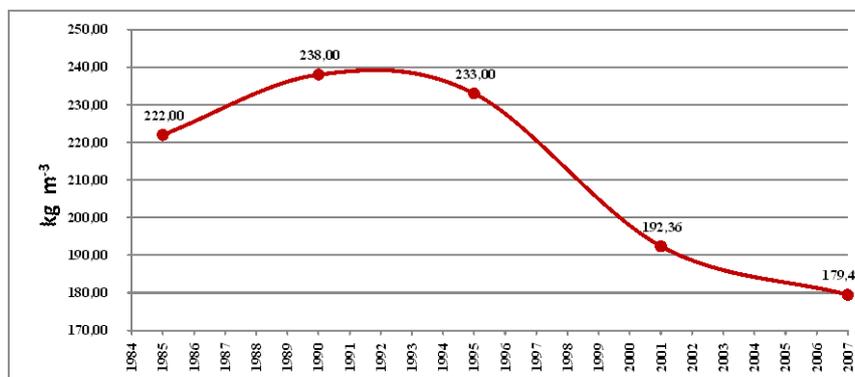


Figura 10: Evolución del peso específico de almacenamiento de los residuos sólidos domiciliarios - Área urbana del cantón Cuenca

COMPONENTES	% EN PESO				
	1985	1990	1995	2001	2007
MATERIA ORGÁNICA	61,90	62,94	67,81	53,80	54,49
PAPEL Y CARTÓN	7,40	13,57	11,25	7,55	8,88
METALES	1,40	1,22	1,70	1,12	1,59
PLÁSTICO BLANDO	4,60	3,99	5,61	14,96	6,67
PLÁSTICO RÍGIDO					4,67
CAUCHO	0,20	0,12	0,96	0,48	0,47
MATERIA INERTE	12,80	10,73	3,40	9,03	0,08
VIDRIO	1,60	2,47	1,65	2,22	3,10
MADERA	0,80	0,92	0,40	0,27	0,50
TEXTILES	1,90	1,70	1,19	1,54	2,79
PAPEL HIGIÉNICO, TOALLAS Y PAÑALES	3,30			6,97	14,46
TETRAPACK					0,60
OTROS	4,10	2,34	6,03	2,06	1,70
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
FUENTE	Universidad de Cuenca	Consultora ACSAM	Municipio de Cuenca	Universidad de Cuenca	Muestreo 2007

Tabla 17: Evolución de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios - Área urbana del cantón Cuenca

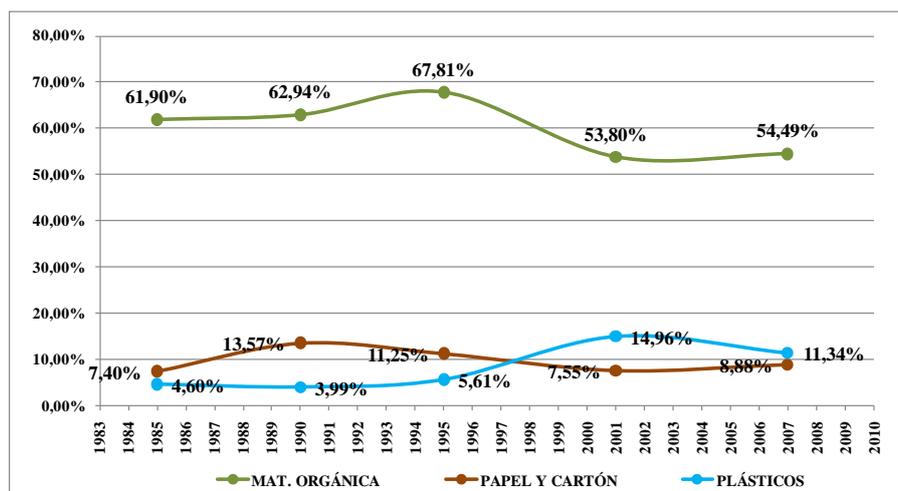


Figura 11: Evolución del contenido de materia orgánica, papel y cartón y, plásticos en los residuos sólidos domiciliarios- Área urbana del cantón Cuenca.

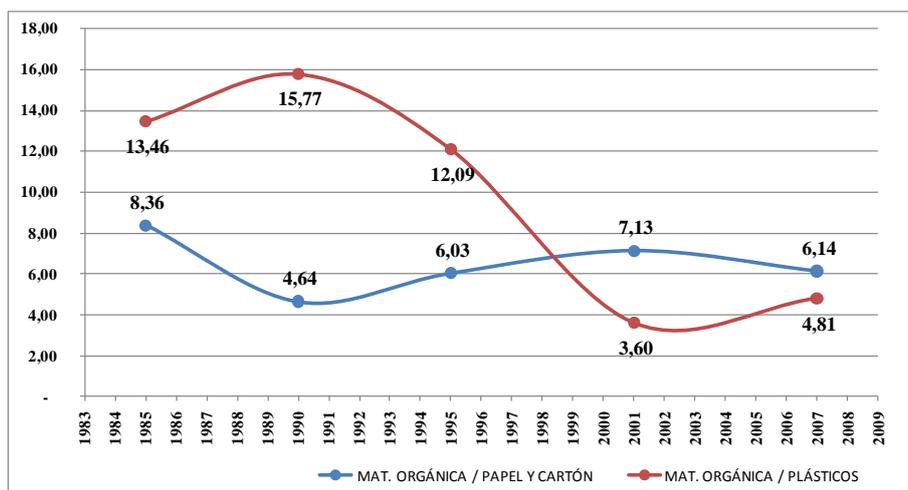


Figura 12: Evolución de la relación del contenido de materia orgánica vs. papel y cartón y, evolución de la relación del contenido de materia orgánica vs. plásticos en los residuos sólidos domiciliarios - Área urbana del cantón Cuenca

### 3.4.2 Residuos sólidos de mercados

COMPONENTES	% EN PESO	
	1985	2008
MATERIA ORGÁNICA	85,70	76,88
PAPEL Y CARTÓN	4,70	6,80
METALES	0,20	0,46
PLÁSTICO BLANDO	1,90	5,57
PLÁSTICO RÍGIDO		2,99
CAUCHO	-	0,38
MATERIA INERTE	4,80	0,56
VIDRIO	0,20	0,94
MADERA	0,10	0,48
TEXTILES	0,10	0,85
PAPEL HIGIÉNICO, TOALLAS Y PAÑALES	-	3,55
TETRAPACK	-	0,10
OTROS	2,30	0,45
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
FUENTE	Universidad de Cuenca	Muestreo 2008

Tabla 18: Evolución de la composición física de los residuos sólidos de mercados

AÑO	PESO ESPECÍFICO DE ALMACENAMIENTO (kg m <sup>-3</sup> )	FUENTE
1985	344,15	Universidad de Cuenca
2008	283,33	Muestreo 2008

Tabla 19: Evolución del peso específico de almacenamiento de los residuos sólidos de mercados

### 3.4.3 Residuos sólidos de barrido de calles y avenidas – Área Urbana del cantón Cuenca

COMPONENTES	% EN PESO	
	1985	2008
MATERIA ORGÁNICA	17,87	37,63
PAPEL Y CARTÓN	7,62	14,35
METALES	1,16	0,93
PLÁSTICO BLANDO	2,12	8,60
PLÁSTICO RÍGIDO		10,81
CAUCHO	0,15	0,40
MATERIA INERTE	66,02	8,13
VIDRIO	0,53	7,45
MADERA	1,60	2,41
TEXTILES	0,55	1,56
PAPEL HIGIÉNICO, TOALLAS Y PAÑALES	0,49	4,00
TETRAPACK		0,38
OTROS	1,89	3,35
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
FUENTE	Universidad de Cuenca	Muestreo 2008

Tabla 20: Evolución de la composición física de los residuos sólidos de barrido de calles y avenidas – Área Urbana del cantón Cuenca

AÑO	PESO ESPECÍFICO DE ALMACENAMIENTO (kg m <sup>-3</sup> )	FUENTE
1985	442,03	Universidad de Cuenca
2008	267,63	Muestreo 2008

Tabla 21: Evolución del peso específico de almacenamiento de los residuos sólidos de barrido de calles y avenidas del Área Urbana del cantón Cuenca

## 4 Discusión

### 4.1 Tamaño de la muestra para la caracterización de residuos sólidos domiciliarios

Aplicando las expresiones de cálculo para determinar el “tamaño de la muestra” (Anexo 1), se puede verificar la sensibilidad que se presenta al variar cualquiera de las variables de las cuales depende: generación *per cápita*, coeficiente de confianza, varianza de la población y error permisible. Es por esta razón que se plantea en la Tabla 22 una estimación del tamaño de la muestra que trata de simplificar los cálculos requeridos y la falta de información que se requiere para realizar los mismos.

Es importante recalcar que para un nivel de confianza del muestreo igual al 95%, la Norma Mexicana NMX-AA-61-1985 recomienda un tamaño de premuestra de 115 muestras por cada estrato, sin considerar la población del mismo y sin considerar el valor de la generación *per cápita* de residuos sólidos, en tanto que aplicando la metodología planteada en el Anexo 1, el tamaño de la premuestra puede obtenerse de la siguiente tabla:

Población (hab.)	Tamaño de la muestra (viviendas)												
	Generación per cápita promedio diaria (kg hab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )												
	0,400	0,450	0,500	0,550	0,600	0,650	0,700	0,750	0,800	0,850	0,900	0,950	1,000
1000	56	51	47	44	41	38	36	34	32	31	29	28	27
5000	71	64	58	53	49	45	42	39	37	35	33	31	30
10000	74	66	60	54	50	46	43	40	38	36	34	32	30
25000	76	67	61	55	51	47	44	41	38	36	34	32	31
50000	76	68	61	56	51	47	44	41	38	36	34	32	31
60000	91	81	73	67	61	56	52	49	46	43	41	39	37
70000	107	95	86	78	71	66	61	57	54	50	48	45	43
80000	122	109	98	89	82	75	70	65	61	58	54	52	49
90000	137	122	110	100	92	85	79	73	69	65	61	58	55
100000	152	136	122	111	102	94	87	82	77	72	68	64	61
150000	229	203	183	167	153	141	131	122	115	108	102	97	92
200000	305	271	244	222	204	188	175	163	153	144	136	129	123
250000	381	339	305	278	255	235	219	204	191	180	170	161	153
300000	457	407	367	333	306	282	262	245	230	216	204	193	184
350000	534	475	428	389	357	329	306	286	268	252	238	226	214
400000	610	543	489	445	408	376	350	326	306	288	272	258	245
450000	686	610	550	500	459	424	393	367	344	324	306	290	276
500000	762	678	611	556	510	471	437	408	383	360	340	322	306
600000	915	814	733	667	612	565	525	490	459	432	408	387	368
700000	1.067	950	855	778	713	659	612	571	536	504	476	451	429
800000	1.220	1.085	977	889	815	753	699	653	612	576	545	516	490
900000	1.372	1.221	1.100	1.000	917	847	787	735	689	648	613	580	552
1000000	1.525	1.357	1.222	1.111	1.019	941	874	816	765	721	681	645	613
1250000	1.906	1.696	1.527	1.389	1.274	1.176	1.093	1.020	957	901	851	806	766
1500000	2.287	2.035	1.833	1.667	1.529	1.412	1.311	1.224	1.148	1.081	1.021	967	919
1750000	2.669	2.374	2.138	1.945	1.784	1.647	1.530	1.428	1.339	1.261	1.191	1.129	1.072
2000000	3.050	2.713	2.444	2.223	2.038	1.882	1.749	1.632	1.531	1.441	1.361	1.290	1.226

- Rango de población y de generación per cápita diaria de residuos sólidos, para ciudades pequeñas
- Rango de población y de generación per cápita diaria de residuos sólidos, para ciudades medianas
- Rango de población y de generación per cápita diaria de residuos sólidos, para grandes ciudades

Nota: Los rangos antes referidos han sido adaptados del "Análisis Sectorial de Residuos Sólidos - Ecuador", OMP/OPS, 2002

Tabla 22: Determinación del tamaño de la muestra en función de la población y la generación *per cápita* promedio domiciliar de residuos sólidos

## 4.2 Residuos sólidos domiciliarios

En la bibliografía y estudios relacionados con la caracterización de residuos sólidos (Sakurai, 1983; Arévalo et al., 1985; ACSAM, 1990; Municipio de Cuenca, 1995; Grupo de Consultores en Ingeniería Ambiental, 2000; Rodríguez, 2004; Distrito de Santa Anita-Perú, 2004; Cantanhede et al., 2005; Pontificia Universidad Católica de Valparaíso-Chile, 2006; IBAM, 2006; Municipio de Moyobamba-Perú, 2007), se analiza o reporta la generación *per cápita* de residuos sólidos, sin especificar si se trata exclusivamente de la domiciliaria o si se incluye los residuos generados en otras fuentes generadoras tales como los mercados, comercios, establecimientos públicos o privados, barrido de calles o industrias, los cuales pueden incrementar este parámetro entre el 25% y el 50% (Pineda, 1998).

Para evitar esta ambigüedad, es necesario establecer las siguientes definiciones que se basan en las planteadas por Muñoz, 1996:

**Generación *per cápita* domiciliaria (gpd)** : Es la cantidad de residuos sólidos que una persona genera en su domicilio, en un día cualesquiera y en condiciones normales. Se la expresa en “kg hab<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>”. Se requiere que para este parámetro se diferencie entre la obtenida para el área urbana o para el área rural.

**Generación *per cápita* urbana (gpu)**: Para el cálculo de este parámetro se considera la cantidad total de residuos sólidos generados en una ciudad (residuos sólidos urbanos), excepto los residuos industriales, prorrateada a la población urbana existente. Se la expresa también en “kg hab<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>”. Es importante recalcar que no se consideran los residuos sólidos industriales por cuanto su generación depende del proceso productivo del cual provienen y no de la población de una ciudad.

A base de lo expuesto anteriormente, para efectos comparativos entre distintas ciudades, es necesario que claramente se especifique que tipo de generación *per cápita* de residuos sólidos es la que se reporta.

De la Figura 2 se desprende que la gpd en el área urbana del cantón Cuenca, no presenta una tendencia definida con respecto de los seis rangos de consumo eléctrico establecidos para el muestreo, notándose incrementos o decrementos con respecto al rango anterior, según se aprecia en la siguiente Tabla:

RANGO DE CONSUMO ELÉCTRICO	GENERACIÓN PER CÁPITA (kg hab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	INCREMENTO O DECREMENTO (%)
0 -100	0,550	
101 - 200	0,459	- 16,54
201 - 300	0,590	28,39
301 - 400	0,575	- 2,54
401 - 500	0,563	- 2,07
≥ 501	0,607	7,90

Tabla 23: Variación de la gpd por rangos de consumo de energía eléctrica – Área Urbana del cantón Cuenca, Año 2007

Sin embargo de lo anotado anteriormente, los valores de la gpd en el área urbana, que se presentan en la Tabla 16, confirman que este parámetro está ligado al estrato socioeconómico y al consumo de energía eléctrica. Esta aseveración también se sustenta en la tendencia de la gpd que se muestra en la Figura 8, para los estratos socioeconómicos alto, medio y bajo, que se desprende de los muestreos realizados en las últimas dos décadas (1985, 1990, 1995 y 2007).

Respecto de la gpd del área rural, en la Tabla 5 se puede apreciar que éste parámetro depende de cada parroquia rural, por lo que con los datos disponibles no se puede establecer alguna relación entre ellas.

En la composición física de los residuos sólidos domiciliarios del Área Urbana del cantón Cuenca, el decremento del contenido de materia orgánica y el incremento del contenido de plástico, entre los años 1985 y 2007, ha sido del 11,97 % y 246,52 %, respectivamente, de acuerdo a los datos de la Tabla 17, lo que ha provocado que el peso específico de almacenamiento se haya reducido en un 19,15 % (Figura 10).

#### 4.3 Residuos sólidos de mercados

En la composición física de los residuos sólidos de mercados, el decremento del contenido de materia orgánica y el incremento del contenido de plástico, entre los años 1985 y 2007, ha sido del 10,29 % y 450,53 %, respectivamente, de acuerdo a los datos de la Tabla 18. Es por esta razón que el peso específico de almacenamiento se ha reducido en un 17,67 % (Tabla 19).

#### 4.4 Residuos sólidos de barrido de calles y avenidas – Área Urbana del cantón Cuenca

En promedio, la tasa de generación residuos sólidos de barrido, en la ciudad de Cuenca, es de 20.09 kg km<sup>-1</sup> (Tabla 14).

La variación de la composición física de los residuos sólidos de barrido, entre los años 1985 y 2007, ha sido muy notoria, dado que el decremento del contenido de materia inerte (tierra) es del 87,69% y el incremento del contenido de plástico, vidrio, papel y

cartón y, materia orgánica, ha sido del 915,57 %, 1405,66 %, 188,32 % y el 210,58 %, respectivamente, de acuerdo a los datos de la Tabla 20. Es por esta razón que el peso específico de almacenamiento se ha reducido en un 39,45 % (Tabla 21).

El decremento de la materia inerte se atribuye a la mayor longitud de vías que cuentan con un mejoramiento en sus calzadas (adoquinado o pavimento rígido o flexible) que experimentó la ciudad entre los años 1985 y 2007, en tanto que el incremento en los componentes antes citados puede atribuirse a que en el sistema actual de barrido los obreros recolectan los residuos sólidos depositados en las papeleras, en las cuales los ciudadanos desatentos depositan también sus residuos domiciliarios irrespetando los horarios y frecuencias establecidos para el servicio de recolección.

#### **4.5 Sugerencias para nuevas investigaciones**

Se recomienda investigar con mayor profundidad la relación entre los estratos socioeconómicos y los rangos de consumo de energía eléctrica, lo que podría facilitar y estandarizar la estratificación de la población en las diferentes ciudades del Ecuador, aspecto necesario para los estudios de caracterización de residuos sólidos y sobre todo para la metodología de caracterización que se plantea en esta investigación.

Para los próximos estudios de caracterización de residuos sólidos en el cantón Cuenca, se debe incluir y diferenciar el área urbana y el área rural, de tal forma de verificar y/o ajustar las relaciones establecidas en la presente investigación. De forma análoga, se recomienda incluir la caracterización de los residuos sólidos generados en los mercados y en el barrido de calles, ya que se vuelve a caracterizarlos a más de los veinte años.

Debido a la reducción de la materia orgánica y al incremento del contenido de plástico en la masa de los residuos, es importante determinar la incidencia que esta variación puede tener en la operación del Relleno Sanitario de Pichacay, debiendo valorarse, entre otros aspectos, la calidad y cantidad de lixiviados y biogás, el peso específico de compactación de los residuos sólidos dispuestos y la estabilidad de las celdas diarias o terrazas del relleno.

### **5 Conclusiones**

Para facilitar el muestreo que permite caracterizar los residuos sólidos, es más accesible estratificar la población por “consumo de energía eléctrica” que por “estratos socioeconómicos”.

Es necesario distinguir entre generación *per cápita* domiciliaria y generación *per cápita* urbana, ya que la primera se refiere a los residuos producidos exclusivamente en los domicilios y la segunda incluye los generados en los domicilios, comercios, instituciones públicas y privadas, barrido de calles y mercados. Esta diferenciación es

imprescindible para efectos comparativos y para el diseño de las distintas fases de un sistema de aseo urbano.

Para la proyección de residuos en un cantón, ciudad o localidad determinada, los residuos domiciliarios se deben estimar a base del crecimiento poblacional y para el caso de residuos generados en otras fuentes (mercados, comercios, barrido de calles y otros) se deberá establecer la tasa de crecimiento histórico de los residuos en las mismas, caso contrario se deberá analizar y justificar la conveniencia de calcularlos a base del crecimiento poblacional.

En caso de existir residuos sólidos industriales, éstos no deberán considerarse para calcular la generación *per cápita* domiciliaria o la generación *per cápita* urbana. Su proyección deberá basarse en el crecimiento del sector industrial en cada ciudad.

La gpd promedio ponderada de residuos sólidos domiciliarios del área rural es el 76,01 % de la gpd promedio ponderada de residuos sólidos domiciliarios del área urbana, en el cantón Cuenca.

El peso específico de almacenamiento promedio ponderado de los residuos sólidos domiciliarios del área rural, es el 91,16% del peso específico de almacenamiento promedio ponderado de residuos sólidos domiciliarios del área urbana del cantón Cuenca.

En vista de la variación de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios determinados para el Área Urbana del cantón Cuenca, que se presenta en la Tabla 17, la cual se refleja en el decrecimiento que viene experimentando el peso específico de almacenamiento para este tipo de residuos (Figura 10), en las últimas dos décadas (1985 – 2007), se puede concluir que actualmente está imperando la **“era del plástico”**, cuya aparición se detecta a partir del año 2001 (Figura 11).

La disminución del contenido de materia orgánica en los residuos sólidos domiciliarios en el Área Urbana del cantón Cuenca, justifica plenamente la frecuencia de recolección interdiaria implementada en el cantón Cuenca. De persistir la tendencia a la baja del contenido de este componente, se podría inclusive analizar la reducción de dicha frecuencia a dos veces por semana.

Con los datos obtenidos de composición física de los residuos sólidos domiciliarios, sería conveniente que se realice un estudio para evaluar la factibilidad técnica, económica y ambiental para utilizar la “destrucción térmica con recuperación de energía”, dado el incremento de componentes “potencialmente incinerables” tales como el plástico, papel y cartón, los cuales en conjunto representan el 20,22 % para el Área Urbana y el 22,07% para el Área Rural del cantón Cuenca.

Otra alternativa de gestión ambiental que merece ser impulsada por las Autoridades de turno y apoyada por la ciudadanía, es la implementación de sistemas de reciclaje, tanto

de la materia orgánica generada y almacenada diferenciadamente en los mercados (98,46 % en promedio, determinada en los contenedores color verde – Tabla 13), así como de la materia inorgánica de los residuos sólidos domiciliarios (papel, cartón, plástico, vidrio, metal), que potencialmente representan el 24,91% para el área urbana y el 29,06% para el área rural (Tablas 9 y 11).

### **AGRADECIMIENTOS**

Empresa Municipal de Aseo de Cuenca “EMAC EP” apoyo con la logística, infraestructura, y financiamiento.

Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A., facilitó el catastro de los clientes registrados en el área urbana del cantón Cuenca.

Unidad Académica de Ingeniería Civil, Arquitectura y Diseño de la Universidad Católica de Cuenca, apoyo con los estudiantes de quinto año de ingeniería civil para el desarrollo del muestreo requerido para la caracterización de los residuos sólidos.

A. Rengel realizó la revisión completa de la investigación y aportó con importantes criterios para las conclusiones.

## REFERENCIAS

ACSAM. 1990. Estudio de comparación de alternativas para el proyecto de la Planta de Tratamiento de Residuos Urbanos para la ciudad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 127 pp.

Anexo 6 – Libro VI – Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria “TULAS”. 2003. Decreto Ejecutivo 3516. Quito, Ecuador. 34 pp.

Arévalo C, Laso F, Zhindón T. 1985. Estudios de los Desechos Sólidos de la ciudad de Cuenca. Tesis de Ingeniero Civil. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 167 pp.

Cantanhede A, Sandoval L, Monje G, Caycho C. 2005. Procedimientos Estadísticos para los Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos – CEPIS/OPS. Lima, Perú. 8 pp.

Collazos H, Duque R. 1998. Residuos Sólidos. 5<sup>a</sup> ed. ACODA. Bogotá, Colombia. 170 pp.

Couto I. 2008. Evaluación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Frontera Norte: Los Casos de Juárez, Reynosa y Tijuana. Tesis de Maestro en Administración Integral del Ambiente. Colegio de la Frontera Norte. Tijuana, México. 246 pp.

Crespo P. 2001. Indicadores Básicos sobre Desechos Sólidos. Monografía de Ingeniero Civil. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 111 pp.

Distrito de Santa Anita. 2004. Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Santa Anita. Lima, Perú. 30 pp.

Espín N. 2009. Focalización del subsidio al gas. Impacto sobre la demanda eléctrica y en la expansión del Sistema Nacional Interconectado (SIN). Tesis de Ingeniero Eléctrico. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. Documento de fuente electrónica en internet (en línea) <http://biee.epn.edu.ec/dspace/handle/123456789/1425>. Consulta: 29 de enero de 2010.

Esquinca F, Escobar J, Hernández A, Villalobos J. 1995. Caracterización y generación de los residuos sólidos de Tuxla Gutiérrez, Chiapas, México. 18 pp.

Grupo de Consultores en Ingeniería Ambiental. 2000. Estudio de Generación y Caracterización de Residuos Sólidos Municipales. Estado de México, México. 72 pp.

INEC. 2009. Censos de Población y Vivienda – Proyecciones de Población 2001- 2010: documento de fuente electrónica en internet (en línea) [http://www.inec.gov.ec/web/guest/ecu\\_est/est\\_soc/cen\\_pob\\_viv](http://www.inec.gov.ec/web/guest/ecu_est/est_soc/cen_pob_viv). Consulta: 28 de diciembre de 2009.

Instituto Brasileño de Administración Pública – IBAM. 2006. Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Municipales en ciudades de América Latina y el Caribe. Río de Janeiro, Brasil. 260 pp.

Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (IIS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (UBA). 2002. Calidad y Gestión de los Residuos Sólidos de la ciudad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 9 pp.

Municipio de Cuenca. 1995. Estudio de los indicadores básicos de los desechos sólidos de la ciudad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 34 pp.

Municipio de Cuenca. 2009: documento de fuente electrónica en internet (en línea) <http://www.cuenca.gov.ec/contenido.php?id=226>. Consulta: 28 de diciembre de 2009.

Municipio de Moyobamba, Ciudad Saludable. 2007. Estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en el Distrito de Moyobamba. Moyobamba, Perú. 22 pp.

Muñoz E. 1996. Estudio de los Desechos Sólidos Industriales en la ciudad de Cuenca. Tesis de Ingeniero Civil. Universidad Católica de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 233 pp.

Norma Mexicana NMX-AA-61-1985. 1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Determinación de la Generación. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. México, México. 16 pp.

OPS, OMS. 2002. Análisis Sectorial de Residuos Sólidos – Ecuador. Ecuador. 275 pp.

Pineda S. 1998. Manejo y Disposición de Residuos Sólidos Urbanos. 1ª ed. ACODAL. Bogotá, Colombia. 388 pp.

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 2006. Estudio Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana. Valparaíso, Chile. 121 pp.

Rodríguez M. 2004. Diseño de un modelo matemático de la generación de residuos sólidos municipales en Nicolás Romero. Nicolás Romero, México. 92 pp.

Sakurai K. 1983. Análisis de Residuos Sólidos Municipales – OPS/HPE/CEPIS. Lima, Perú. 60 pp.

Spiegel M. 1997. Estadística. 2ª ed. Mc Graw Hill. México, México. 186-204

Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil S. 1998. Gestión Integral de Residuos Sólidos. 1ª ed. Mc Graw Hill. México, México. 1087 pp.

TYPSA – Ingenieros Consultores y Arquitectos. 2005. Estudio Poblacional del Área de influencia del Proyecto de los Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento de la Ciudad de Cuenca, II Fase. Cuenca. 45 pp.

**ANEXO No. 1**

**METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA  
CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

## Metodología propuesta para la caracterización de residuos sólidos

### 1 Aspectos básicos

Los aspectos básicos que deben ser considerados para la caracterización de los residuos sólidos en diversas fuentes generadoras son los siguientes:

- Estratificación o clasificación de las fuentes generadoras a ser muestreadas
- Determinación del tamaño de la muestra
- Selección de las fuentes generadoras a ser muestreadas
- Residuos sólidos a ser caracterizados
- Definición de los parámetros técnicos a ser determinados
- Reunión de coordinación y evaluación preliminar del manejo de los desechos
- Período de muestreo
- Recolección de muestras
- Logística requerida

#### 1.1 Estratificación o clasificación de las fuentes generadoras a ser muestreadas

Una vez definido el tipo de fuente generadora de residuos sólidos a ser muestreada y dada la gran variedad y magnitudes que éstas presentan, es imprescindible que se proceda con su estratificación o clasificación, según corresponda, a base de los siguientes criterios:

<b>TIPO DE FUENTE GENERADORA</b>	<b>ESTRATIFICACIÓN / CLASIFICACIÓN</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Domicilios emplazados en el área urbana	Rangos de consumo de energía eléctrica (Ver Tabla 3)	En caso de disponer de una confiable estratificación socioeconómica, ésta podría utilizarse en forma complementaria
Domicilio emplazados en el área rural	Centros urbano-parroquiales Corredores de crecimiento	En caso de disponer de una confiable estratificación socioeconómica, ésta podría utilizarse en forma complementaria
Mercados	Mayoristas Minoristas	Seleccionar los más representativos de cada uno de ellos
Barrido de calles y avenidas	Zona central Zona comercial Zona residencial	Seleccionar calles o avenidas representativas de cada zona
Establecimientos educativos	Primaria Secundaria Universidad	Diferenciar entre establecimientos públicos y privados

Instituciones	Públicas Privadas	Diferenciar los diferentes tipos de instituciones
Comercios, talleres y pequeña industria.	Por rama o actividad	Hasta 200 m <sup>2</sup> de área utilizada y/o una generación diaria igual o menor a 0.20 m <sup>3</sup> de residuos sólidos
Establecimientos de salud	Consultorios Laboratorios Centro de salud Clínica Hospital	Diferenciar entre establecimientos públicos y privados. Además de ser posible considerar su especialización.
Medianos y grandes generadores	Clasificación Internacional Industrial Uniforme "CIU"	Incluye a centros comerciales, comercios, talleres e industrias no considerados anteriormente y que generan, en promedio más de 0.20 m <sup>3</sup> /día de residuos sólidos.

Tabla 1: Criterios de estratificación o clasificación de diversas fuentes generadoras

Para el caso de que la fuente generadora sea domiciliar, el esquema para la estratificación de la población y selección de las viviendas a ser muestreadas se presenta en la siguiente figura:

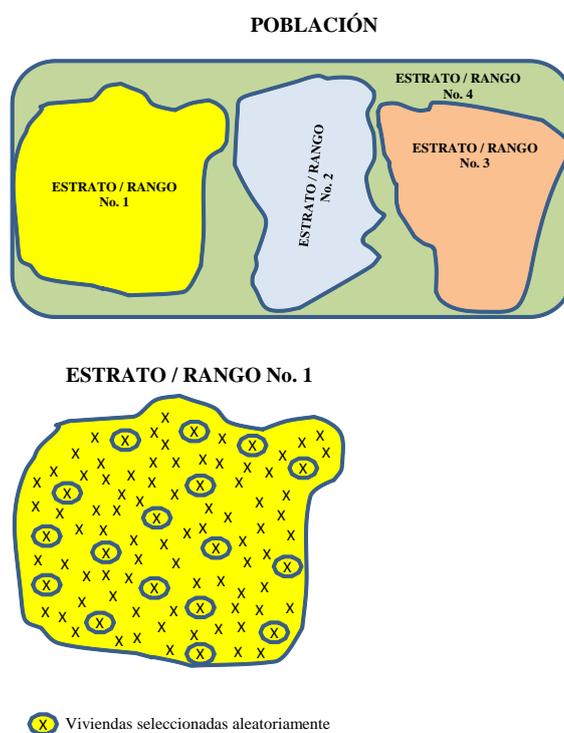


Figura 1: Esquema para la estratificación y selección de viviendas a ser muestreadas

## **1.2 Determinación del tamaño de la muestra**

El tamaño de la muestra se refiere al número de muestras que deben recolectarse de una determinada fuente generadora, para garantizar que los resultados a obtener reflejen con cierto grado de confianza y reducido porcentaje de error las condiciones del universo poblacional (Sakurai, 1983)

Se debe anotar que la determinación del tamaño de la muestra está en función del tipo y número de fuentes generadoras a ser muestreadas, emplazadas en una localidad, razón por la cual se requiere de criterios técnicos que justifiquen este aspecto y que se complementan con la experiencia del equipo humano encargado del muestreo.

Posteriormente el número total de muestras se distribuirá proporcionalmente a cada estrato o rango previamente definido, en función de la población o número de fuentes generadoras de cada uno de ellos.

## **1.3 Selección de las fuentes generadoras a ser muestreadas**

Con el objeto de garantizar que los resultados obtenidos sean válidos, se requiere seleccionar las fuentes generadoras a ser muestreadas, de tal forma que éstas sean representativas de cada estrato o rango de clasificación establecido para el muestreo.

Dicha selección debe realizarse en forma aleatoria, mediante el uso de “números aleatorios” (Spiegel, 1997), aplicando un muestreo sistemático que estratifica la población en “n” estratos (Collazos y Duque, 1998).

## **1.4 Residuos sólidos a ser caracterizados**

Es importante definir los residuos sólidos a ser caracterizados. Para tal efecto se sugiere considerar los siguientes tipos que se consignan en la legislación ecuatoriana (Anexo 6 – Libro VI – TULAS, 2003):

- Residuos sólidos peligrosos
- Residuos sólidos no peligrosos

Cabe mencionar que estos tipos de residuos sólidos pueden estar presentes en todas las fuentes generadoras, en mayor o menor grado, dependiendo de su naturaleza o actividad de origen.

## **1.5 Definición de los parámetros técnicos a ser determinados**

Los parámetros técnicos a ser determinados, se definen a base de los objetivos del estudio de caracterización de los residuos sólidos. Así tenemos:

<b>TIPO DE PARÁMETROS</b>	<b>PARÁMETROS A SER DETERMINADOS</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>Básicos</b>	Tasa de generación de residuos sólidos	La unidad de medida depende de la fuente generadora
	Peso específico de almacenamiento	Expresado en $\text{kg m}^{-3}$ o en $\text{ton/m}^3$ y determinado en una muestra representativa de residuos sólidos
	Composición física	% en peso de cada componente de una muestra representativa de residuos sólidos
	Contenido de humedad	Expresado como % del peso de una muestra representativa de residuos sólidos (húmeda)
<b>Específicos</b>	Poder calorífico	Expresado en $\text{kcal kg}^{-1}$ (base seca) de una muestra representativa de residuos sólidos
	Composición química	Expresado como % en peso (base seca) de una muestra representativa de residuos sólidos  Generalmente se determina: carbono, nitrógeno, azufre, metales pesados, etc.
	Otros: Capacidad de campo, tamaño de partícula y distribución del tamaño, permeabilidad de los residuos compactados, etc.	Parámetros de uso y aplicación específicos (ver Tchobanoglous et al., 1998)

Tabla 2: Tipos de parámetros técnicos de los residuos sólidos

Los parámetros básicos se determinan por personal técnico competente, siguiendo el procedimiento descrito en el numeral 2.6.

Para el caso de los parámetros específicos, los ensayos requeridos deben realizarse en Laboratorios Acreditados en el Organismo de Acreditación Ecuatoriano “OAE” (Anexo 6 – Libro VI – TULAS, 2003). La toma de muestras representativas y su posterior conservación será de exclusiva responsabilidad del responsable técnico de la caracterización de los residuos sólidos, quien podrá coordinar y asesorarse con el laboratorio seleccionado para realizar los ensayos requeridos.

Los métodos o ensayos para determinar cualquiera de los parámetros específicos, deberán ser justificados técnicamente por el laboratorio que los ejecute, debiendo constar en los reportes respectivos.

### **1.6 Reunión de coordinación y evaluación preliminar del manejo de los desechos**

Una vez seleccionadas las fuentes generadoras a ser muestreadas, definido el o los tipos de residuos sólidos a ser caracterizados y los parámetros técnicos a ser determinados, previa la ejecución del muestreo, se efectúa una reunión de coordinación con los propietarios, representantes legales o responsables de las fuentes generadoras. En esta reunión se entrega la comunicación oficial de la ejecución del muestreo, se explica el procedimiento a seguirse y se solicita la colaboración que sea pertinente.

Posteriormente, de ser el caso, se efectúa una inspección para evaluar en forma preliminar el tipo y cantidad de residuos sólidos generados, los recipientes utilizados para el almacenamiento, los puntos de almacenamiento. Se debe poner especial atención en aquellos tipos de desechos cuyos componentes presentan características físicas (color, olor, humedad, consistencia) no comunes a los desechos sólidos urbanos, con el propósito de adoptar las medidas de seguridad adicionales que sean pertinentes.

### **1.7 Período de muestreo**

El muestreo se planifica de tal modo que se recolecten los residuos sólidos generados durante mínimo ocho días consecutivos (Sakurai, 1983; Norma Mexicana NMX-AA-61-1985. 1985), pudiendo realizarse la toma de muestras, en forma diaria o interdiaria, registrando el número de días transcurridos entre la recolección de una muestra y la siguiente.

### **1.8 Recolección de muestras**

Para el caso del muestreo en domicilios o fuentes generadoras similares, es necesario que durante el período de muestreo se entreguen fundas plásticas suficientes para que almacenen sus residuos sólidos. Para el resto de fuentes generadoras en las cuales sea imposible recolectar todos los residuos generados diariamente (centros comerciales, industrias, etc.) es necesario que se obtenga una muestra representativa *in situ*, para lo cual se puede emplear el “método del cuarteo” descrito en el numeral 2.6.4.

Durante la recolección de las muestras, éstas deben ser correctamente identificadas y/o rotuladas y, el responsable de esta actividad debe obtener la información adicional que el caso amerite (número de habitantes, número de días transcurridos desde la entrega de la anterior muestra, proceso productivo o actividad de origen, observaciones relevantes detectadas, etc.).

Los datos correspondientes al primer día no deben ser considerados (Sakurai, 1983) para los resultados finales, ya que las muestras recolectadas permiten “encerar o limpiar” el muestreo. Sin embargo, se recomienda aprovechar dichas muestras para familiarizarse con los procedimientos establecidos para caracterizar los residuos sólidos y corregir los problemas que se presenten.

### **1.9 Logística requerida**

Con el objeto de garantizar la continuidad y operatividad del muestreo, a base del número y tipo de muestras, los puntos en donde deben ser recolectadas, la frecuencia y horarios de recolección y tipos de residuos a ser caracterizados, el responsable del muestreo deberá definir el local, los equipos, materiales, insumos y demás elementos requeridos.

Es necesario recalcar que todo el personal asignado para este trabajo, deberá ser competente para ejecutar las actividades asignadas y contar permanentemente con los equipos de protección personal tales como guantes, mascarillas, overoles, entre otros.

## **2 Determinación del tamaño de la muestra para la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios**

Los criterios expuestos a continuación han sido desarrollados para determinar el tamaño de la muestra y validar posteriormente los resultados del muestreo en domicilios (viviendas). Sin embargo, éstos pueden ser considerados como una referencia y, de ser el caso, adaptados para el muestreo de otras fuentes generadoras de residuos sólidos.

### **2.1 Estratificación de la población**

- i. Población urbana: La estratificación de la población, asentada dentro del área urbana y, de ser factible en el área rural, se realizará considerando seis rangos de consumo de energía eléctrica que se detallan en la Tabla 3.

<b>RANGOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (kwh/mes)</b>
0 - 100
101 - 200
201- 300
301 - 400
401 - 500
> 500

Tabla 3: Rangos de consumo de energía eléctrica recomendados para la estratificación de domicilios

Para tal efecto es imprescindible obtener, en las Empresa Comercializadoras de energía eléctrica, la siguiente información de los clientes o usuarios registrados dentro del área urbana:

- Nombre o Razón Social del cliente
- Dirección del cliente
- Consumo promedio mensual de energía eléctrica (kwh mes<sup>-1</sup>)

Con esta información se procede a estratificar la población, asumiendo que cada cliente (medidor de consumo de energía eléctrica) representa a una vivienda.

- ii. Población rural: De no ser factible la estratificación de la población rural por rangos de consumo de energía eléctrica, se realizará la estratificación considerando la asentada en los centros urbano-parroquiales y en los corredores de crecimiento.

## 2.2 Criterios estadísticos para determinar el tamaño de la muestra

Se utilizarán los siguientes criterios estadísticos adaptados de los procedimientos recomendados por la OPS/CEPIS (Sakurai, 1983; Cantanhede et al., 2005):

**Caso 1:** Si se conoce la población y la varianza de la generación *per cápita* diaria de residuos sólidos determinada en estudios anteriores (o asumido inicialmente), el tamaño de la muestra se calcula con la siguiente expresión:

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

Donde:

$n$	Tamaño de la muestra (hab.)
$(z_{1-\alpha/2})$	Coefficiente de confianza. El valor recomendado (Collazos y Duque, 1998) es igual a 1.96 que corresponde a un nivel de confianza $(1 - \alpha) = 0.95$ (95 %)
$N$	Población total a ser muestreada (hab.)
$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu')^2$	Varianza de la generación <i>per cápita</i> diaria de residuos sólidos determinada en estudios anteriores (varianza de la población). De no disponerse de este dato, se recomienda efectuar un muestreo preliminar o asumir un valor inicial igual al 10 % de la generación <i>per cápita</i> promedio diaria

de residuos sólidos ( $\mu'$ ) estimada o determinada en estudios anteriores

E	Error de estimación de la generación <i>per cápita</i> promedio diaria de residuos sólidos. Valor recomendado: Igual o menor al 5% de la generación <i>per cápita</i> promedio diaria de residuos sólidos ( $\mu'$ ) estimada o determinada en estudios anteriores
$x_i$	Generación diaria <i>per cápita</i> de residuos sólidos expresada en “kg hab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ” determinada durante el muestreo en cada vivienda.
$\mu'$	Generación <i>per cápita</i> promedio diaria de residuos sólidos expresada en “kg hab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ”.(Media de la población, estimada o determinada en estudios anteriores)

**Caso 2:** Si se desconoce la población a ser muestreada, pero se conoce la varianza de la generación *per cápita* diaria de residuos sólidos determinada en estudios anteriores (o asumido inicialmente), el tamaño de la muestra se calcula con la siguiente expresión:

$$n = \frac{(z_{1-\alpha/2})^2 \times \sigma^2}{E^2}$$

En cualquiera de los dos casos se debe considerar que el tamaño de la muestra calculado “n”, está expresado en número de habitantes, por lo que es necesario determinar el tamaño de la muestra “T” expresado en número de viviendas (medidores de consumo de energía eléctrica). Para tal efecto se emplean las siguientes expresiones:

$$f = \frac{N}{M_{ce}}$$

$$T = \frac{n}{f}$$

Donde:

$f$	Número de habitantes promedio por vivienda
$M_{ce}$	Número de medidores de consumo de energía eléctrica
$T$	Tamaño de la muestra expresado en viviendas

Una vez determinado el tamaño de la muestra “T”, ésta se distribuye proporcionalmente a cada uno de los estratos antes definidos, en función del número de viviendas o medidores pertenecientes a cada uno de ellos.

A base de las consideraciones estadísticas antes expuestas, con el propósito de simplificar la determinación del tamaño de la muestra de una población determinada, seguidamente se presentan las curvas que permiten estimar el número de muestras requeridas, en función de la población a ser muestreada y de la generación per cápita de residuos sólidos determinada en estudios anteriores o estimada para efectos de un nuevo estudio.

En todo caso, se recomienda que el tamaño de la muestra sea igual o mayor a 30 muestras (Collazos y Duque, 1998).

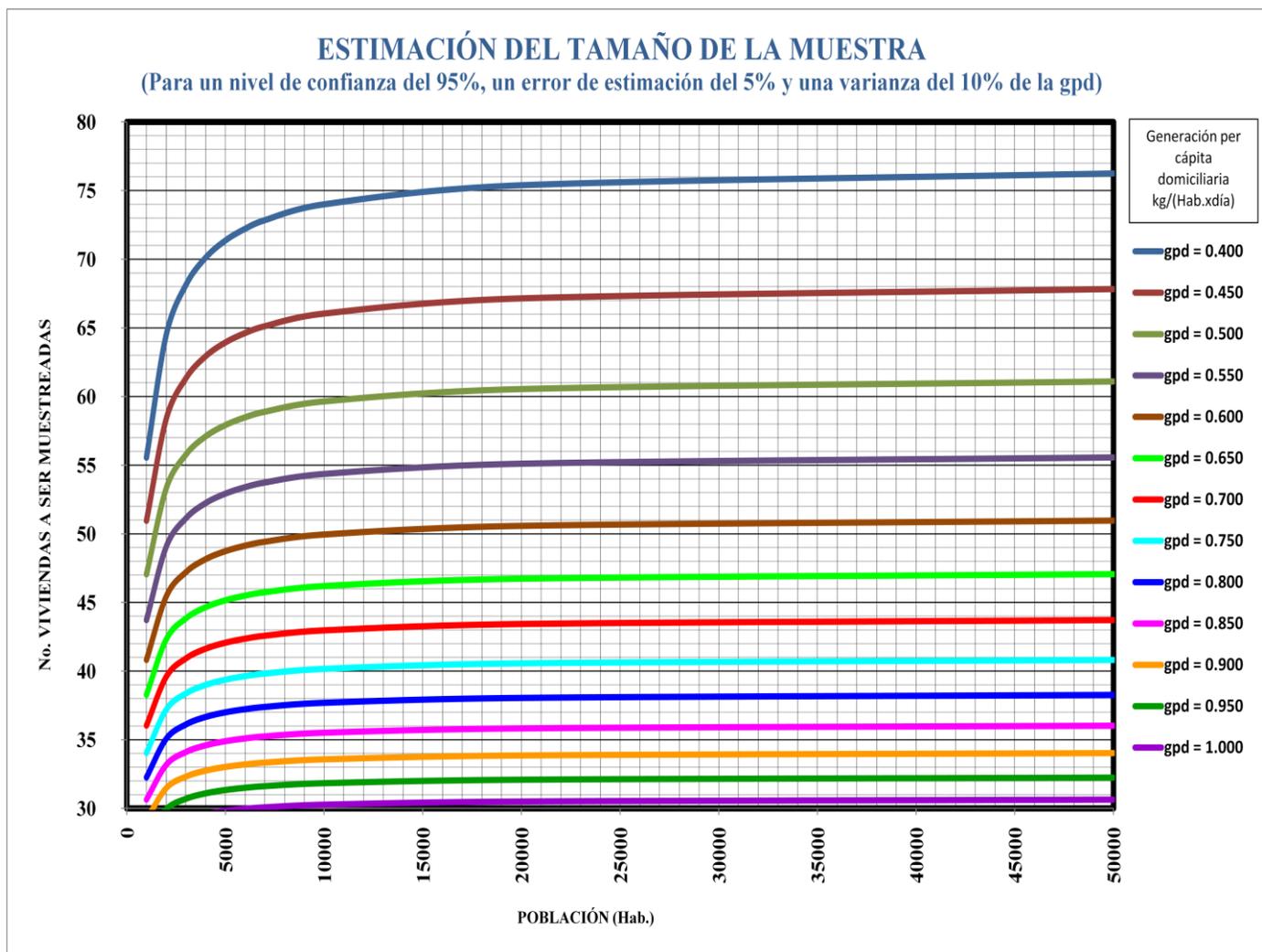


Figura 2: Estimación del tamaño de la muestra

Del análisis estadístico se desprende que para poblaciones mayores a 50000 hab., el número de muestras requeridas permanece constante.

Sin embargo de lo mencionado anteriormente, con el objeto de realizar el muestreo en forma estratificada, para poblaciones mayores a 50000 hab. se recomienda que se determine el número de viviendas a ser muestreadas, de la siguiente manera:

$$\text{No. viviendas} = \frac{\text{Población total} \times K}{50000}$$

Donde “K” es el número de viviendas a ser muestreadas que le corresponde a una población de 50000 hab., en función de su “gpd”.

### 2.3 Validación del tamaño de la muestra “n”

La validación del tamaño de la muestra “n”, se realiza con los resultados de la generación *per cápita* promedio diaria de residuos sólidos obtenidos durante el primer día de muestreo, siguiendo el procedimiento que a continuación se detalla:

- i. Determinar la varianza de la generación *per cápita* diaria de residuos sólidos
- ii. Con la nueva varianza obtenida, calcular el tamaño de la muestra a la que denominaremos “m”
- iii. Efectuar la comparación entre el tamaño de la muestra “n” con el tamaño de la muestra “m” descrito anteriormente

Si $m > n$	Calcular el nuevo valor de “T” a base del valor de “m” e incrementar el número de fuentes generadoras faltantes
Si $m \leq n$	El número de fuentes generadoras muestreadas es el correcto, por tanto se mantiene el valor de “T” (tamaño de la muestra inicialmente calculado)

Esta validación es necesaria para asegurar que el tamaño de la muestra permita inferir los parámetros de la población (Cantanhede et al., 2005).

### 2.4 Validación estadística del muestreo

Con los datos finales del muestreo, se procede a validarlo estadísticamente, a través de la varianza y el tamaño ideal de la muestra.

#### 2.4.1 La varianza

El valor asumido de la varianza de la generación *per cápita* diaria de residuos sólidos, considerada para calcular el tamaño de la muestra “n” o “m”, según corresponda, debe ser mayor o igual que la varianza calculada con los datos obtenidos en el muestreo.

$$\sigma^2 \geq \sigma_s^2$$

### 2.4.2 Tamaño ideal de la muestra

En forma análoga a lo descrito en el numeral 2.3, pero con los resultados de la generación *per cápita* promedio diaria de residuos sólidos obtenidos durante el período de muestreo (excepto los del primer día), se procede a determinar el tamaño ideal de la muestra “t”. El valor de “t” debe ser menor que el valor de “m” o “n”, según corresponda.

### 2.5 Generación *per cápita* promedio ponderada de residuos sólidos domiciliarios

El parámetro que se utiliza para el diseño y dimensionamiento de los diferentes componentes del servicio de aseo urbano, es la generación *per cápita* promedio ponderada, la cual se determina a base de los datos obtenidos durante el muestreo y de acuerdo a la siguiente expresión:

$$g_{pp} = \frac{\sum_{i=1}^j (g_{pi} \times P_i)}{\sum_{i=1}^j (P_i)}$$

Donde:

$g_{pp}$	Generación <i>per cápita</i> promedio ponderada de residuos sólidos “kg hab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ”
$i = 1, 2, 3, \dots, j$	Estratos o rangos considerados para el muestreo
$g_{pi}$	Generación <i>per cápita</i> promedio de residuos sólidos correspondiente a cada estrato o rango “kg hab <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ”
$P_i$	Población de cada estrato o rango expresado en habitantes

Es importante aclarar que la generación *per cápita* promedio diaria se debe utilizar para la aplicación de la teoría del muestreo, en tanto que la generación *per cápita* promedio ponderada es la que se debe aplicar para una determinada población (Sakurai, 1983), es decir la que se debe reportar en el estudio de caracterización de residuos sólidos.

## 2.6 Procedimiento para la determinación de los parámetros básicos de los residuos sólidos

Seguidamente se describe el procedimiento para la determinación de la tasa de generación, peso específico de almacenamiento y composición física, el mismo que ha sido validado por los autores de la presente investigación en estudios realizados en el cantón Cuenca (Arévalo et al., 1985; Ilustre Municipio de Cuenca, 1995; Muñoz, 1996). En lo que respecta a la determinación del contenido de humedad, se utilizarán los principios del método recomendado para el análisis de suelos.

Para la adecuada determinación de estos parámetros es imprescindible disponer de un local debidamente cubierto y con piso de cemento, de preferencia.

### 2.6.1 Definiciones

**Tasa de generación de residuos sólidos:** Peso de residuos sólidos generados por una fuente una generadora, en forma diaria o por unidad de producción.

**Peso específico de almacenamiento:** Denominado también “peso específico aparente” o simplemente “peso específico suelto”, es la relación entre el peso de los residuos sólidos y el volumen ocupado libremente, sin compactación, en los recipientes de almacenamiento, expresado en  $\text{kg m}^{-3}$  o  $\text{Ton m}^{-3}$ .

**Composición física:** Es el porcentaje en peso, de cada componente de los residuos sólidos de una muestra analizada, en relación con el peso total de la misma. A este parámetro también se le conoce también como “composición gravimétrica”.

**Contenido de humedad:** Denominada también humedad gravimétrica, representa la masa de agua contenida en una determinada masa de residuos sólidos, en base húmeda.

### 2.6.2 Equipos y materiales

- Camioneta para la recolección de muestras
- Tanques metálicos (55 galones de capacidad)
- Balanza con capacidad mínima de 100 kg. y una precisión de 0,25 kg., o similar.
- Balanza con capacidad mínima de 10 kg. y una precisión de 0,10 kg., o similar.
- Balanza con capacidad mínima de 1000 g. y una precisión de 5 g., o similar.
- Palas
- Mesas de trabajo
- Plástico para cubrir las mesas de trabajo
- Flexómetros
- Recipientes y/o fundas plásticas para separación de componentes de los residuos
- Guantes con recubrimiento ligero de nitrilo (NBR), resistente a cortes, abrasión, enganches y perforaciones
- Mascarillas

- Insumos varios (tableros, formatos para registro de datos, cuadernos, lápices, marcadores, borradores y otros)

### 2.6.3 Determinación de la tasa de generación de residuos sólidos

En forma general, la tasa de generación de residuos sólidos se determina en función del peso de cada una de las muestras recolectadas y su valor se expresa en las unidades recomendadas en la siguiente tabla:

FUENTE GENERADORA	UNIDAD DE LA TASA DE GENERACIÓN	OBSERVACIONES
Domicilios	$\text{kg hab}^{-1} \text{ día}^{-1}$	A esta tasa de generación también se le denomina “generación <i>per cápita</i> domiciliaria” y se determina dividiendo el peso de la muestra de una vivienda para el número de habitantes de la misma
Mercados	$\text{Ton mercado}^{-1} \text{ día}^{-1}$	
Barrido de calles y avenidas	$\text{kg (km. vía barrida)}^{-1} \text{ día}^{-1}$	La vía barrida comprende la calzada y las dos veredas o la calzada, una vereda y la mitad del parterre.
Establecimientos educativos	$\text{kg alumno}^{-1} \text{ día}^{-1}$	
Instituciones	$\text{kg funcionario}^{-1} \text{ día}^{-1}$	
Comercios y talleres pequeños	$\text{kg obrero}^{-1} \text{ día}^{-1}$ $\text{kg (m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ $\text{kg (unidad de producción)}^{-1}$	Hasta 200 m <sup>2</sup> de área utilizada y/o una generación diaria igual o menor a 0.10 m <sup>3</sup> de residuos sólidos
Establecimientos de salud	$\text{kg (cama ocupada)}^{-1} \text{ día}^{-1}$ $\text{kg consulta}^{-1} \text{ día}^{-1}$ $\text{kg (reporte laboratorio)}^{-1} \text{ día}^{-1}$	Diferenciar entre establecimientos públicos y privados. Además de ser posible considerar su especialización.
Medianos y grandes generadores	$\text{Ton día}^{-1}$ $\text{kg (unidad de producción)}^{-1}$	Incluye a centros comerciales, talleres, industrias no considerados anteriormente y que generan, en promedio más de 1 m <sup>3</sup> día <sup>-1</sup> de residuos sólidos.

Tabla 4: Unidades de tasas de generación de residuos sólidos

Para el caso de la tasa de generación de residuos sólidos domiciliarios (generación *per cápita* domiciliaria), el valor promedio (media aritmética) de los valores calculados se emplea para la estimación del tamaño de la muestra, en tanto que el promedio ponderado se utiliza para el diseño y dimensionamiento de los diferentes componentes del servicio de aseo urbano.

#### **2.6.4 Determinación del peso específico de almacenamiento**

Para realizar la determinación de este parámetro se requiere una muestra de mínimo 0.15 m<sup>3</sup>. o 50 kg (Cantanhede et al., 2005), caso contrario se requerirá obtener una muestra compuesta con las obtenidas en varios puntos o locales muestreados, mediante el “Método de Cuarteo” hasta obtener el volumen antes referido. Dicho método se describe seguidamente:

- Las muestras recolectadas se vierten sobre un plástico colocado sobre el piso.
- Trozar los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño de más o menos 15 cm o menos.
- Mezclar los residuos sólidos de tal forma que se homogenicen.
- Se divide este montón en cuatro partes semejantes. Dos partes opuestas se desechan y las otras dos se vuelven a mezclar para formar un “nuevo montón”.
- Se repite el proceso hasta obtener el volumen o peso requerido.

El peso específico se determina mediante la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{\text{Peso de los residuos (muestra)}}{\text{Volumen de residuos (muestra)}}$$

#### **2.6.5 Determinación de la composición física**

Los componentes de los residuos sólidos en los cuales se va a desagregar la muestra, están en función de la fuente generadora, del tipo de desecho, pero sobre todo de la información que se desea determinar.

Para el caso de los residuos sólidos domésticos o similares, los componentes mínimos a ser determinados se presentan en la siguiente tabla:

<b>COMPONENTES A SER DETERMINADOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS</b>
MATERIA ORGÁNICA
PAPEL Y CARTÓN
METALES
PLÁSTICO BLANDO
PLÁSTICO RÍGIDO
CAUCHO
MATERIA INERTE
VIDRIO
MADERA
TEXTILES
PAPEL HIGIÉNICO, PAÑALES, TOALLAS SANITARIAS
TETRAPACK
OTROS

Tabla 5: Residuos sólidos domésticos – Componentes mínimos a ser determinados

Para tal efecto se debe aprovechar la muestra obtenida para la determinación del peso específico de almacenamiento, de la cual se conoce su peso. El procedimiento a seguirse se describe seguidamente:

- Los residuos de la muestra se vierten sobre una mesa cubierta con un plástico, cuidando que no se pierda o caiga ningún componente.
- Manualmente se debe efectuar la separación y clasificación de cada componente previamente definido, colocándolos en recipientes diferentes, los cuales permitan la identificación de su contenido o en su defecto deben ser rotulados. Se puede utilizar fundas plásticas transparentes o recipientes plásticos.
- Determinar el peso de cada componente de los residuos sólidos que fue clasificado, cuidando de evitar errores durante el pesaje, para lo cual se elige la balanza que sea pertinente.
- Determinar la suma de los pesos parciales de los componentes de los residuos sólidos.
- El error aceptable entre la sumatoria de los pesos parciales de los componentes y el peso inicial de la muestra deberá ser de máximo  $\pm 3\%$ . Si la diferencia excede este valor, se debe repetir el pesaje o en su defecto todo el procedimiento.

El porcentaje, en peso, de cada componente considerado se determina con la siguiente expresión:

$$\% = \frac{P_i \times 100}{W_t}$$

Donde:

% Porcentaje, en peso, de cada componente

$P_i$  Peso parcial de cada componente

$W_t$  Peso total de la muestra

### 2.6.6 Determinación del contenido de humedad

El procedimiento para determinar este parámetro es el siguiente:

- Del componente de materia orgánica, separado para la determinación de la composición física, se extrae una muestra representativa de aproximadamente 1 kg, la cual se coloca en un recipiente plástico hermético. Dicha muestra se obtiene aplicando, de ser necesario, el método del cuarteo descrito anteriormente.
- En el laboratorio, la muestra obtenida se troza hasta obtener pedazos menores a 25 mm.
- De la muestra anterior se forma una nueva muestra de un peso mínimo de 250 g.
- Determinar y registrar el peso de un recipiente limpio y seco (tara).
- Colocar la muestra húmeda en el recipiente y determinar el peso del recipiente y muestra húmeda.
- Secar la muestra hasta alcanzar un peso constante, el cual se alcanza en alrededor de 24 horas. Mantener el secado en el horno a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- Dejar enfriar la muestra y el recipiente a temperatura ambiente.
- Determinar el peso del recipiente y la muestra seca.

El contenido de humedad se calcula con la siguiente expresión:

$$H = \left( \frac{W_1 - W_2}{W_1 - T} \right) \times 100$$

Donde:

H                    Contenido de humedad (base húmeda), en porcentaje

W1                  Peso del recipiente y muestra húmeda (g)

W2                  Peso del recipiente y muestra seca (g)

T                    Tara del recipiente (g)