

**CAPÍTULO I**  
**GENERALIDADES**

## **1.1 INTRODUCCIÓN**

El desarrollo y crecimiento tan anhelado por las comunidades y municipios, trae consigo el aumento del consumismo, es evidente que hoy en día los materiales son más desechables que en décadas anteriores e implica que las personas tiendan a deshacerse de sus pertenencias con mayor facilidad, aumentando la generación de residuos sólidos y en la mayoría de comunidades terminan en botaderos a cielo abierto, que contaminan el medio ambiente y son un riesgo para la población por ser focos de infección y proliferación de vectores.

El Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos en Bolivia (VAPSB/DGGIRS/2010), indica que en el país se genera aproximadamente 4.782 Ton/día de los cuales el 87% corresponde al área urbana y el 13% al área rural.

De acuerdo a un reportaje del diario nacional Opinión, referido a datos otorgados por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Agua publicado en enero de 2019, sólo 23 de los 337 municipios del país cuenta con relleno sanitario, de los cuales 16 están en funcionamiento, los demás todavía operan con botaderos a cielo abierto.

Es el caso, de la comunidad de El Puente ubicada en el Municipio del mismo nombre, perteneciente a la Segunda sección de la Provincia Méndez, actualmente se tiene un botadero a cielo abierto que incide en la contaminación y está en contra de la normativa vigente que rige el cuidado del medio ambiente por lo que es necesario conocer las características de los residuos sólidos domiciliarios al ser la mayor fuente de generación y a su vez las condiciones de servicio de aseo urbano, para tener un punto de partida y así formular ideas que permitan garantizar una mejora de la calidad de vida de los habitantes y el cuidado al medio ambiente.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El manejo inadecuado y poco sostenible de los residuos sólidos que se tiene en la comunidad de El Puente, ha llevado a enfocar la necesidad de realizar estudios que nos dé como resultado información necesaria para un proyecto de gran magnitud como es

un relleno sanitario, uno de los estudios iniciales es el de caracterización, por lo que surge la pregunta.

¿Qué parámetros iniciales son necesarios para el diseño de un relleno sanitario en la comunidad de El Puente?

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Realizar el estudio de caracterización de los Residuos Sólidos domiciliarios en la comunidad de El Puente, aplicando el procedimiento descrito en la Norma Boliviana 743 “Determinación de parámetros físicos de los residuos sólidos municipales”, por la importancia de los datos que forman parte del diagnóstico, necesario para la determinación de métodos que permitan mejorar la gestión operativa de los residuos sólidos en el Gobierno Autónomo de El Puente.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar el diagnóstico sobre la actual gestión de residuos sólidos domiciliarios en el Gobierno Autónomo de El Puente, a través de levantamiento de información primaria.
- Aplicar la metodología de la NB 743 “Determinación de parámetros de los residuos sólidos municipales” para calcular la producción per cápita, peso volumétrico, composición física de los residuos sólidos domiciliarios en el Gobierno Autónomo de El Puente.
- Realizar propuestas de mejora al Servicio de Aseo Urbano, a partir de los resultados obtenidos, considerando el contexto del Gobierno Autónomo de El Puente con respecto a la Gestión de Residuos Municipales.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El objetivo que tiene la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS), consiste en cuidar el medio ambiente y a su vez promover la calidad de vida de las personas. La Gestión operativa, está conformada por la separación, almacenamiento, recolección, transporte,

transferencia, tratamiento y disposición final, todo esto conlleva identificar alternativas para una mejora en la calidad del servicio de aseo urbano, con enfoque de ampliación y/o apertura de rutas y métodos de recolección de residuos sólidos.

El ciclo de manejo de residuos sólidos en la comunidad, consiste en la generación, almacenamiento, barrido/limpieza, recolección, transporte y finalmente incineración, generando una contaminación principalmente del aire por el desprendimiento de gases y afectando la salud de las personas cercanas al lugar.

En ese entendido el estudio de caracterización es la actividad con la que se determina la generación de residuos sólidos y las características de los mismos, dando lugar a evaluar su potencial aprovechable, también el resultado de los cálculos servirá como parámetros necesarios para el diseño de un relleno sanitario.

### **1.5 LIMITANTES**

El estudio fue orientado a la producción de residuos sólidos en fuente domiciliaria, siguiendo las condiciones que presentaba la población, no se tomó en cuenta escuelas, instituciones públicas, se consideró un solo estrato de población.

Debido a la condicionante que muchos habitantes no estaban en sus domicilios por salir a trabajar a sus terrenos, se tomó en cuenta principalmente tiendas del lugar.

La realización del estudio se vio limitada en cuanto a la parte logística, sin embargo, se consideraron criterios que respalden los datos obtenidos para que este no pierda confiabilidad.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## 2.1 RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNDO

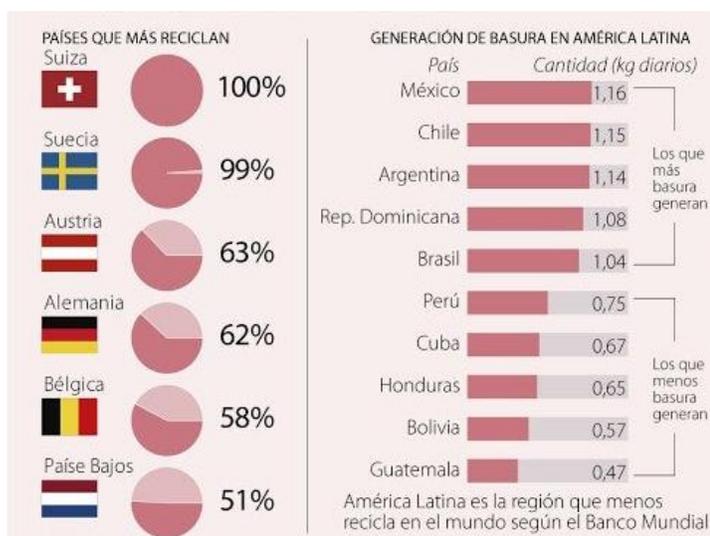
A lo largo de la historia se han desarrollado técnicas de aseo y mejora de la calidad de vida de las personas en lo que se refiere a los residuos sólidos urbanos, es importante conocer información de la manera en que se está manejando este tema en varios lugares alrededor del mundo y evaluar las técnicas de manejo que se tiene en nuestro país.

Según reportes de la Organización de Naciones Unidas (ONU Hábitat), más de 200 ciudades han aumentado sus tasas de reciclaje de 40% a 80% a través de tácticas como la integración de recicladores.

No obstante, el mayor progreso se visibiliza en seis países europeos que han alcanzado niveles de reciclaje que superan 50% del total de sus desechos anuales, a saber: Suiza, Suecia, Austria, Alemania, Bélgica y los Países Bajos.<sup>1</sup>

**Figura 1**

*Reciclaje en el mundo*



Nota: Adaptado del informe del Banco Mundial/ Sondeo LR

<sup>1</sup> [larepublica.co/](http://larepublica.co/) Responsabilidad social.

Hace muchos años que Suiza es un ejemplo en el reciclaje de residuos, siendo uno de los países que más residuos por habitante genera, nada acaba en el vertedero. Según datos de 2013 de la Oficina Europea de Estadística (Eurostat), el 34% de la basura municipal se recicla, el 17% se composta y el 49% se incinera (con aprovechamiento energético).

De la basura reciclable llegan a las siguientes tasas de éxito: más del 90% del papel, aluminio y vidrio se recicla (antes de llevar el vidrio a reciclar tienen que quitarle los tapones y clasificarlo por color). También se llega a reciclar más del 80% de las botellas de plástico PET y los recipientes metálicos (que deben comprimirse con una prensa metálica). Y hasta el 72% de las baterías y pilas consiguen reciclarse.<sup>2</sup>

En lo que respecta a Japón es un país comprometido con el reciclaje, cuenta con un sistema de separación que es promovido por su gobierno teniendo horas y días de recojo diferenciado según una cierta categorización. China, hasta el año 2018 importaba residuos de otros países para su debido tratamiento en sus plantas generando materias primas, su enfoque actual es el reciclaje de sus propios residuos como solución sustentable al cuidado del medio ambiente.

En el caso de Canadá es un país que se destaca en el recojo separado de colillas de cigarrillo y el reciclaje de neumáticos que posterior a su recojo los usan para mezclarlos con el asfalto que sirve para las carreteras. Por su parte, en Gales se ha optado por la economía circular entre sus ciudadanos y también plantas recicladoras.

En América Latina, los rellenos sanitarios buscan minimizar el impacto ambiental que se tiene con los botaderos a cielo abierto y las incineraciones de los residuos sólidos, una de las medidas que acompaña este proceso es la incorporación del reciclaje, permitiendo la recuperación de algunos materiales.

En nuestro país se cuenta con municipios que tienen rellenos sanitarios y se está proyectando la construcción en los que no cuentan con este servicio para el cuidado del

---

<sup>2</sup> [gestionderesiduosonline.com](http://gestionderesiduosonline.com)

medio ambiente que se debe tener, hasta el año 2019 de los 337 municipios del país sólo 23 contaban con relleno sanitario, de los cuales 16 estaban en funcionamiento.

Uno de los más modernos rellenos es el que se encuentra en Villa Montes en el departamento de Tarija que cuenta con alta tecnología, su traslado tiene una capacidad de hasta 15 toneladas, también apoyan el proceso, recolectores con la debida clasificación.

## **2.2 TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS Y FUENTES DE GENERACIÓN.**

La Norma Boliviana 743 (2019), define como residuo a todo “Material en estado, sólido, semisólido o líquido generado en procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, reparación o tratamiento cuyo generador o poseedor decide o requiere deshacerse de este, que puede ser susceptible de aprovechamiento o requiere sujetarse a procesos de tratamiento o disposición final”.

La Ley de Gestión Integral de Residuos 755 (2015) define como residuo sólido al “material en estado sólido, semisólido o líquido generado en procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, reparación o tratamiento, cuyo generador o poseedor decide requiere deshacerse de este, que puede ser susceptible de aprovechamiento o requiere sujetarse a procesos de tratamiento o disposición final.”

De acuerdo a la Ley de Medio Ambiente 1333 (1992) el significado de residuo es “Material o sustancia peligrosa, orgánica, inorgánica, sólida, líquida, gaseosa, mezcla o combinación de ellas, resultante de o con destino a una actividad tecnológica o científica, cuyos componentes son susceptibles de tratamiento o recuperación” que de manera específica en este caso se toma en cuenta residuo sólido para fines de mejor explicación del tema.

En la guía para el diseño de Servicio de Aseo Urbano (2019) tiene varias clasificaciones:

### Clasificación de residuos sólidos por sus características

- **Residuos No Peligrosos (RSNP):** Son aquellos que por sus características físicas y químicas no se consideran peligrosos, se subdividen en:
  - Residuos orgánicos:* Comprende los residuos generados principalmente en lugares donde se realiza actividades de cocina, consumo de alimentos, jardinería y poda de plantas, centros de abasto de frutas, verduras u otros productos generados por acción de la naturaleza. Su característica principal es que pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos como lombrices, bacterias y hongos principalmente.
  - Residuos reciclables:* Son todos aquellos que pueden ser aprovechados como materia prima en procesos de fabricación del mismo Producto a partir del cual se generó o de otro producto.
  - Residuos no aprovechables:* Son los residuos que no pueden ser aprovechados mediante reutilización, reciclaje o tratamiento biológico.
- **Residuos especiales (RSE):** Son aquellos que por sus características de volumen y composición requieren una gestión especial para cada tipo de residuo. Dentro de este grupo se encuentran los *residuos voluminosos*, que son los que, por sus dimensiones, peso y características, no pueden ser gestionados como el resto de los residuos municipales y por ello van a ser objeto de un tipo de recogida especial y de un tratamiento distinto, dependiendo de sus características.
- **Residuos peligrosos (RSP):** Se refiere a aquellos que conllevan riesgo potencial al ser humano o al ambiente, por poseer cualquiera de las siguientes características: corrosividad, explosividad, inflamabilidad, patogenicidad, radiactividad, reactividad y toxicidad, incluyendo los envases que los hubiesen contenido.

### Clasificación de residuos sólidos por su fuente de generación

- **Residuos Municipales (RSM):** Acorde a la norma NB 742, son aquellos que se generan en las viviendas, parques, jardines, vía pública, oficinas, mercados,

comercios, demoliciones, construcciones, instalaciones, establecimientos de servicio y en general todos aquellos generados en municipales que no requieran técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos y potencialmente peligrosos de hospitales, clínicas, laboratorios, actividades industriales, artesanales, comerciales y centros de investigación. Estos a su vez se subdividen en:

*Residuos domiciliarios (RSD):* Residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas, que son adecuados por su tamaño para ser recogidos por los servicios municipales convencionales.<sup>3</sup>

*Residuos comerciales:* Residuos generados por la actividad propia del comercio, al por mayor y menor, de las oficinas y de los mercados, así como el resto del sector servicios.<sup>4</sup>

*Residuos institucionales:* Estos se generan en oficinas, escuelas, universidades, edificios públicos, museos, bibliotecas, iglesias, etc. Están compuestos principalmente de papel, colillas de cigarro, madera, plástico y material ferroso.

*Residuos de la vía pública:* Son aquellos que son depositados y recolectados de la vía pública, y están constituidos por papel, tierra, arena, madera, plástico, hojas, colillas de cigarro, estiércol, piedras y animales muertos.

- **Residuos industriales:** Son los residuos que se generan en actividades, cualquiera sea su grado de peligrosidad.

#### **Clasificación de residuos sólidos por su gestión operativa**

- **Residuos sólidos municipales:** estos tipos de residuos son gestionados a través del servicio de aseo urbano u operadores autorizados por el Gobierno Municipal.
- **Residuos Especiales:** este tipo de residuos, requieren una gestión especial para cada tipo de residuo, se subdividen en:

---

<sup>3</sup> Guía para la presentación de proyectos de Pre inversión de residuos sólidos.

<sup>4</sup> Guía para la presentación de proyectos de Pre inversión de residuos sólidos

*De fuente municipal*, este tipo de residuos podrán ser gestionados a través del servicio de aseo urbano o de operadores autorizados, cubriendo el generador los costos correspondientes establecidos por la autoridad competente, sin perjuicio de las obligaciones derivadas de la responsabilidad extendida al productor.

*Fuente industrial*: este tipo de residuos deben ser gestionados por el generador de los mismos, el cual es responsable de transporte, tratamiento y disposición final, pudiendo optar por operadores autorizados, en el marco de las políticas de la Ley 755.

- **Residuos industriales**: donde su gestión operativa es responsabilidad del generador y será establecida mediante reglamento emitido por el Ministerio cabeza de sector. La gestión operativa de los residuos peligrosos provenientes de actividades productivas, debe realizarse a través de operadores autorizados. Los residuos peligrosos de fuente municipal, podrán ser gestionados a través del servicio de aseo urbano, en el marco de la normativa técnica y ambiental correspondiente, cubriendo el generador los costos establecidos por la autoridad competente.<sup>5</sup>

### 2.3 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS tiene diferentes etapas, una de ellas es el diagnóstico, en la que se puede verificar la situación que se tiene en el lugar en estudio.

La Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos Sanitarios, menciona las etapas que deben cumplirse para el proyecto, la primera etapa contiene la información del lugar, en cuanto a administración, límites territoriales, recursos, economía, entre otros, algo importante que cabe recalcar es la situación sin proyecto, la gestión operativa en el momento que se realizan los estudios preliminares.

---

<sup>5</sup> Guía de diseño de servicio de aseo urbano. MMAyA.

Uno de los componentes más importantes dentro de la gestión operativa de los residuos sólidos, es la separación de los mismos de acuerdo a los grupos mencionados, para que puedan ser tratados según las posibilidades de reciclaje de cada material, con la finalidad de tener una optimización de los recursos.

La caracterización de residuos sólidos, es un estudio que se realiza en la etapa de diagnóstico y línea base, necesarios para la construcción de un relleno sanitario como alternativa de disposición final, para tener información de las características de los residuos y de sus fuentes de generación.

El estudio de caracterización de residuos sólidos, está mencionado en guías, libros y artículos referidos al proceso de construcción de rellenos sanitarios, sin embargo, en un contexto más específico, en el país se encuentra descrito en la Norma Boliviana NB 743 Determinación de parámetros físicos de los residuos sólidos municipales.

El estudio de caracterización, consiste en determinar la cantidad de residuos sólidos generados que en un término más apropiado sería la Producción Per cápita y las características físico-químicas de los mismos.

El resultado de la generación unitaria de residuos sólidos municipales permite:

- Realizar el dimensionamiento de los servicios de gestión operativa.
- Determinar las tasas de función a la generación de residuos.
- Calcular la cobertura de los servicios.

El peso volumétrico de los residuos sólidos permite:

- Dimensionar los servicios de gestión operativa, particularmente para el almacenamiento, recolección y transporte de los residuos.

La clasificación y cuantificación de subproductos permite:

- Identificar el potencial de residuos aprovechables y las alternativas tecnológicas de tratamiento.

### 2.3.1 Generación unitaria de residuos sólidos

a) Tamaño de la muestra:

$$n = \frac{V^2}{\left(\frac{E}{1.671}\right)^2 + \frac{V^2}{N}}$$

Donde:

n = Tamaño real de la muestra

1.671 = percentil de la distribución, correspondiente al nivel de confianza (90%) definido por el riesgo empleado en el muestreo.

V = Desviación estándar (gr/hab/día)

E = Error muestral en gr/hab/día.

N = número de viviendas en el municipio.

En la Guía de Formulación de programas municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2012) sugiere que el valor del error permisible (E) sea 50 gr/hab/día.

#### 2.3.1.1 Producción per cápita de residuos sólidos

De acuerdo a la cantidad de viviendas a ser muestreadas, se selecciona en un mapa del lugar para identificar, siendo sujeto a cambios si así se necesite una vez en campo.

Como referencia, se marca con pintura en lugares cercanos de las fuentes generadoras seleccionadas, realizando un recorrido de identificación, colocando el número de muestra correspondiente, a su vez se proporciona información a las personas a cerca del proceso que será realizado en los siguientes días y se entrega una bolsa para que puedan depositar los residuos generados hasta ese día, estos residuos deben ser llevados al sitio de disposición final, procurando que la generación quede en cero.

Posterior al retiro de los residuos sólidos de la fuente, se deja una bolsa para que sea llenada con los restos correspondientes a las veinticuatro horas siguientes, misma que será retirada al cumplirse el tiempo mencionado, este peso ya será registrado de acuerdo

al número de muestra correspondiente, que pertenece al primer día de registro de muestras del estudio.<sup>6</sup>

Este procedimiento debe ser realizado hasta finalizar el tiempo de estudio, es de siete días, el último día sólo se recoge la bolsa y se registra, ya no se entrega una nueva.

La producción de residuos sólidos se puede medir en valores unitarios como kilogramos por habitante por día, kilogramos por vivienda por día, kilogramos por cuadra por día, kilogramos por tonelada de cosecha o kilogramos por número de animales por día.

La producción de residuos sólidos domiciliarios en la Región varía de 0,3 a 1,0 kg/hab/día. Cuando a este tipo de residuos se agregan otros como los producidos por el comercio, las diversas instituciones, la pequeña industria, el barrido y otros, esta cantidad se incrementa entre 25 y 50%, o sea, que la producción diaria es de 0,5 a 1,2 kg/hab/día. En los países industrializados, en cambio, se tienen indicadores de producción por habitante mayores de un kilogramo por día.<sup>7</sup>

### **2.3.1.2 Estratificación de la población:**

En ciudades o municipios con poblaciones urbana mayor a 50 000 habitantes se recomienda realizar el cálculo de la muestra por cada distrito que conforma el área urbana del municipio.

Domiciliario, estrato socioeconómico alto: Viviendas residenciales de arquitectura sobresaliente o urbanizaciones ubicadas en el centro histórico del municipio, poseen servicios básicos y otros complementos.

Domiciliario, estrato socioeconómico medio: Viviendas residenciales con construcción no sobresaliente o en obra gruesa, poseen servicios básicos con mejores condiciones que en el estrato bajo.

---

<sup>6</sup> Norma Boliviana 743 Determinación de parámetros físicos de los residuos sólidos municipales.

<sup>7</sup> Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales Jorge Jaramillo.

Domiciliario, estrato socioeconómico bajo: Viviendas precarias, de material rústico, carecen de servicios básicos, barrios comunidades en proceso de consolidación.<sup>8</sup>

No domiciliaria que está conformada por: unidades educativas, instituciones públicas, cuarteles, entre otros.

No es necesario identificar más de un estrato por distrito, siempre y cuando las características socioeconómicas sean similares.

En municipios con población urbana menor a 50 000 habitantes, el cálculo del tamaño de la muestra se puede realizar sobre el total de familias o viviendas que conforman el municipio, por lo cual no es necesario una distribución por estratos socioeconómicos.

En caso de contar con información relacionada a los estratos socioeconómicos, se debe determinar el número de muestras de acuerdo con la cantidad poblacional que corresponde a cada estrato.

### **2.3.2 Ley de Dixon**

La Norma Boliviana 743 (1996) sugiere un método de evaluación de resultados para el rechazo de elementos sospechosos en la toma de los datos, siendo este el criterio de Dixon mediante la misma, se puede determinar si un valor es sospechoso de un conjunto de datos, este método define la relación entre el valor mínimo aplicado y el valor máximo.

Este método generalmente es usado para un grupo de datos no mayor a 30 y dispone de un valor crítico con tres puntos decimales, siendo una limitante para la aplicación de la prueba en campos de las ciencias e ingenierías. Sin embargo, un trabajo realizado por Vernal y Quiroz 2006, introdujo nuevas tablas de valores críticos, más precisos y exactos con cuatro puntos decimales y se extiende hasta 100 el tamaño de la muestra,<sup>9</sup> extienden la aplicación del test de Dixon hasta 200 observaciones donde el valor de la prueba denotado como R depende del tamaño de la muestra y el valor crítico denotado

---

<sup>8</sup> Norma Boliviana NB 743 Determinación de los parámetros físicos de los residuos sólidos municipales.

<sup>9</sup> Guía Metodológica para la selección de técnicas de depuración de datos. (Tesis de maestría)

como  $R_c$  se calcula por medio de polinomios. Para valores mayores de 26 es necesario calcular la desviación estándar y la media de la muestra.<sup>10</sup>

$$R_{(\text{mayor})} = \frac{X_c - \bar{X}}{S_x}$$

$$R_{(\text{menor})} = \frac{\bar{X} - X_1}{S_x}$$

$$R_c = 2.2795 + 0.025012n - 0.00018427n^2 + 4.61106 \times 10^{-7} n^3$$

Donde:

$n$  = número de muestras

$X_1$  = dato menor

$X_2$  = segundo dato menor

$X_{n-1}$  = segundo dato mayor

$X_n$  = dato mayor

$\bar{X}$  = media

$S_x$  = desviación estándar.

---

<sup>10</sup> Davis y McCuen 2005

**Tabla 1***Reglas de aplicación del método de Dixon*

<b>Tamaño de la muestra</b>	<b>Valores atípicos bajos</b>	<b>Valores atípicos altos</b>	<b>Polinomio para valor crítico, R<sub>c</sub></b>
3 to 7	$R = \frac{X_2 - X_1}{X_n - X_1}$	$R = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_1}$	$R_c = 1.975 - 0.4994n + 0.5895n^2 + 0.0025n^3$
8 a 10	$R = \frac{X_2 - X_1}{X_{n-1} - X_1}$	$R = \frac{X_n - X_{n-1}}{X_n - X_2}$	$R_c = 1.23 - 0.125n + 0.005n^2$
11 a 13	$R = \frac{X_3 - X_1}{X_{n-1} - X_1}$	$R = \frac{X_n - X_{n-2}}{X_n - X_2}$	$R_c = 0.90 - 0.03n$
14 a 25	$R = \frac{X_3 - X_1}{X_{n-1} - X_1}$	$R = \frac{X_n - X_{n-2}}{X_n - X_2}$	$R_c = 0.9975 - 0.04268n + 0.000764n^2$
26 a 200	$R = \frac{X_n - \bar{X}}{S_x}$	$R = \frac{\bar{X} - X_1}{S_x}$	$R_c = 2.2795 + 0.025012n - 0.0001827n^2 + 4.61106 \times 10^{-7}n^3$

Nota: Adaptado de Davis, A. P., & McCuen, R. H. (2005). Storm management for smart growth.

La prueba de Dixon es fácil de utilizar, pero el resultado depende fuertemente de escoger correctamente el número exacto y ubicación de todos los valores sospechosos. Por esto y ser una prueba muy susceptible al ocultamiento o enmascaramiento, se recomienda utilizar la prueba de Dixon sólo para pequeñas muestras cuando sólo uno o dos valores son considerados como atípicos.<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Iglewicz y Hoaglin, 1993

### 2.3.3 Características físicas de los residuos sólidos

#### a) Producción de los residuos sólidos

Los residuos sólidos se generan en todas aquellas actividades en las que los materiales son considerados por su propietario o poseedor como desechos sin ningún valor adicional y pueden ser abandonados o recogidos para su tratamiento o disposición final.

**Tabla 2**

*Actividades generadoras de residuos sólidos en la región de américa latina y el caribe.*

<b>Actividades generadoras</b>	<b>Componentes</b>	<b>% del total de RSM</b>
<b>Residencial y domiciliario</b>	Desperdicios de cocina, papeles y cartón, plásticos, vidrio, metales, textiles, residuos de jardín, tierra, etc.	50 a 75
<b>Comercial</b> Almacenes, oficinas, mercados, restaurantes, hoteles y otros	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales y peligrosos	10 a 20
<b>Institucional</b> Oficinas públicas, escuelas, colegios, universidades, servicios públicos y otros.	Semejantes al comercial	5 a 15
<b>Industria (pequeña industria y artesanía)</b> Manufactura, confecciones de ropa, zapatos, sastrerías, carpinterías, etc.	Residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, etc. Incluye residuos de comida, cenizas, demolición y construcción, especiales y peligrosos.	5 a 30
<b>Barrido de vías y áreas públicas</b>	Residuos que arrojan los peatones, tierra, hojas, excrementos, etc.	10 a 20

Nota: Adaptado del Diagnóstico del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe -ALC. Washington DC: BID, OPS/OMS;1997

### b) Producción Per Cápita de residuos sólidos

La producción per cápita o generación per cápita de residuos sólidos es un factor fundamental dentro de los parámetros de diseño de un relleno sanitario, indica el peso de residuos sólidos que cada persona produce en un tiempo determinado, pudiendo ser en días, meses y años, dependiendo de las características socioeconómicas de la población se trabaja según estratos y a la vez por tipo de fuente de generación que posee cada estrato.

**Tabla 3**

*Índices de producción de residuos sólidos e ingresos*

	<b>Bajos ingresos</b>	<b>Medianos ingresos</b>	<b>Industrialización</b>
Producción per cápita kg/hab/día	0.3 a 0.6	0.5 a 1.0	0.7 a 2.2
t/hab/año	0.2	0.3	0.
Ingresos promedio (US\$ de 1988)	350	1950	17500
US\$/hab/año			

Nota: Adaptado de PNUMA. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

Programa de Gestión Urbana. Desechos sólidos/ sector privado y rellenos sanitarios.

Serie Gestión Urbana.

### c) Composición de los residuos sólidos

Los RSM son aquellos subproductos originados en las actividades que se realizan en la vivienda, la oficina, el comercio y la industria (lo que se conoce comúnmente como basura) y están compuestos de residuos orgánicos, tales como sobras de comida, hojas y restos de jardín, papel, cartón, madera y, en general, materiales biodegradables; e inorgánicos, a saber, vidrio, plástico, metales, objetos de caucho, material inerte y otros.

En términos generales, los resultados de estudios latinoamericanos sobre composición de los RSM coinciden en destacar un alto porcentaje de materia orgánica putrescible

(entre 50 y 80%), contenidos moderados de papel y cartón (entre 8 y 18%), plástico y caucho (entre 3 y 14%) y vidrio y cerámica (entre 3 y 8%).

La composición de los residuos sólidos como factor importante debe ser tenido en cuenta en la gestión, especialmente para decidir las posibilidades de recuperación, sistemas de tratamiento y disposición más apropiados.

En el caso de los países de América Latina y el Caribe (ALC), los RSM tienen un mayor contenido de materia orgánica, una humedad que varía de 35 a 55% y un mayor peso específico, que alcanza valores de 125 a 250 kg/m<sup>3</sup>, cuando se miden sueltos.<sup>12</sup>

**Tabla 4**

*Composición de los residuos sólidos municipales*

Composición (% peso húmedo)	Países		
	Bajos ingresos	Medianos Ingresos	Industrializados
Vegetales y materiales putrescibles	40 a 85	20 a 65	20 a 50
Papel y cartón	1 a 10	15 a 40	15 a 40
Plásticos	1 a 5	2 a 5	2 a 10
Metales	1 a 5	1 a 5	3 a 13
Vidrio	1 a 10	1 a 10	4 a 10
Caucho y cuero	1 a 5	1 a 5	2 a 10
Material inerte (cenizas, tierra, arena)	1 a 40	1 a 40	1 a 20
Otras características			
Contenido de humedad %	40 a 80	40 a 60	20 a 30
Peso volumétrico kg/m <sup>3</sup>	250 a 500	170 a 330	20 a 30
Poder calorífico inferior kcal/kg	800 a 1100	1100 a 1300	1500 a 2700

*Nota:* Adaptado de Cointreau, Sandra J. Environmental management of urban solid wastes in developing countries. A project guide. Washington, DC: The World Bank.

<sup>12</sup> Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios Jorge Jaramillo.

Los residuos sólidos, dependiendo de su naturaleza, presentan determinadas características físicas:

Los 10 componentes que dan como resultado una visión suficiente de la calidad de basura en Latinoamérica.

-Materia orgánica (restos de alimentos, madera y follaje)

-Papeles y cartones

-Plásticos, cauchos y cueros

-Textiles

-Escombros, cenizas y lozas

-Metales férricos

-Metales no férricos

-Vidrios

-Huesos

-Otros

Se ha seleccionado estos componentes, pues ellos dan una visión lo suficientemente completa de la calidad de la basura en Latinoamérica.<sup>13</sup>

En la Norma Boliviana NB 743 (1996) en su apartado 7 Selección y cuantificación de subproductos, Clasificación que se usa actualmente si nos referimos a características físicas:

-Algodón

-Áridos

-Cartón

-Cuero

---

<sup>13</sup>Análisis de residuos sólidos Municipales Sakurai

- Envases Tetrapak y Tetrabrick
- Fibras sintéticas
- Hueso
- Goma
- Lata
- Madera
- Madera de construcción y escombros
- Metales ferrosos
- Metales no ferrosos
- Papel periódico y revistas
- Papel blanco
- Papel de color
- Pañal desechable y toallas sanitarias
- Plástico rígido
- Polietileno de alta densidad
- Polietileno de baja densidad
- Otros plásticos tipo película
- Residuo fino (todo material que pasa la malla olímpica, excepto áridos)
- Residuos alimenticios
- Residuos de jardinería
- Trapo
- Vidrio ámbar
- Vidrio verde

- Vidrio transparente
- Vidrio plano
- Medicinas caducas
- Baterías y pilas
- Latas de pintura
- Envases productos de limpieza y de agroquímicos

Otros<sup>14</sup>

Es una clasificación más amplia que la descrita en la guía escrita por Sakurai, que se adecua de mejor manera con la diversidad de productos que se usan en la actualidad y es la que se maneja para realizar el estudio de caracterización de residuos sólidos.

#### **2.3.4 Método de Cuarteo**

El cuarteo debe realizarse el mismo día de la recolección, posterior al muestreo, tomando en cuenta las medidas de protección necesarias como el uso de guantes, alcohol y barbijo principalmente, como también herramientas que permitan un trabajo más eficiente, en cuanto al número de personas se establece un mínimo de tres.

##### **Metodología:**

Para realizar el cuarteo, se toman las bolsas de polietileno conteniendo los residuos sólidos, resultado del muestreo de generación. En ningún caso se toma más de 250 bolsas para efectuar el cuarteo.

El contenido de dichas bolsas, se vacía formando un montón sobre un área techada y plana de 4 m por 4 m, de cemento pulido o similar.

El montón de residuos sólidos se traspalea con pala y/o bieldo hasta homogeneizarlos, a continuación, se divide en cuatro partes aproximadamente iguales A, B, C y D) y se eliminan las partes opuestas A y D o B y C, repitiendo esta operación hasta dejar un

---

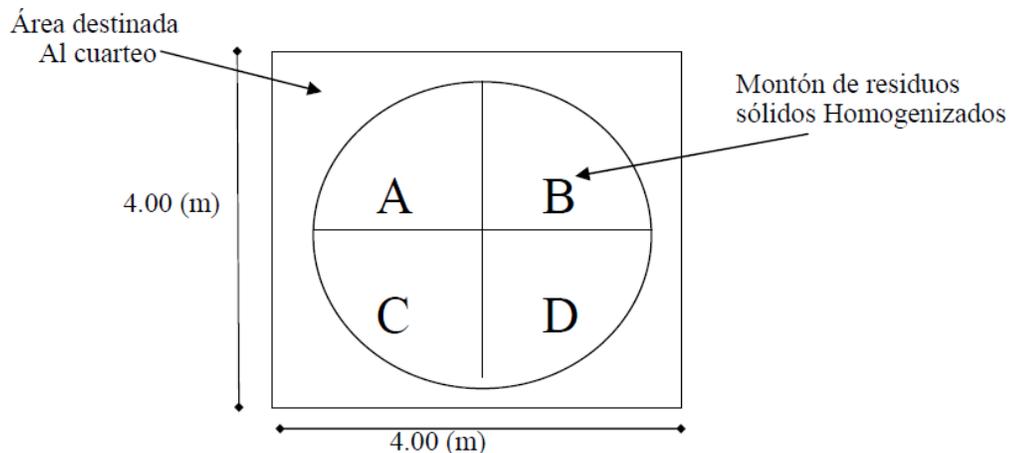
<sup>14</sup> Norma Boliviana NB 743 Determinación de parámetros físicos de los residuos sólidos municipales

mínimo de 50 Kg. De residuos sólidos para la Selección y Cuantificación de Subproductos.

De las partes eliminadas del primer cuarteo, se toman 10 Kg. aproximadamente de residuos sólidos para los análisis del laboratorio físicos, químicos y biológicos, con el resto se determina el peso volumétrico «in situ» de los residuos sólidos.<sup>15</sup>

**Figura 2**

*Cuarteo de residuos*



*Nota:* Adaptado de Norma Boliviana 743 Determinación de parámetros físicos de los residuos sólidos municipales.

### 2.3.5 Peso volumétrico de los residuos sólidos

El peso volumétrico es la magnitud que indica la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, que puede ser absoluta o relativa, la primera es también llamada real o normal, en cuanto al peso volumétrico relativa o también llamada aparente, se refiere a la relación que existe entre el peso volumétrico de una sustancia y un peso volumétrico de referencia, dando un resultado adimensional.<sup>16</sup>

En este caso se trabaja con el peso volumétrico absoluta, con la finalidad de lograr una estimación de la capacidad necesaria que debe tener el camión recolector, el

<sup>15</sup> Norma Boliviana de Residuos Sólidos NB 743

<sup>16</sup> <https://upcommons.upc.edu>

dimensionamiento de recipientes de pre recogida, que comúnmente son llamados basureros tanto de parques, plazas como de la vía pública y por último la planificación de vertederos, el conocer la peso volumétrico de los residuos sólidos es un dato importante para la estimación del espacio necesario en los rellenos sanitarios y el tiempo de funcionamiento óptimo de los mismos según el espacio disponible y la vida útil en caso que ya exista alguno.

El apartado que se refiere a este procedimiento tiene el nombre de Determinación de la densidad o peso volumétrico de los residuos

El procedimiento para su determinación que se encuentra en la Norma Boliviana NB 743 de Residuos Sólidos describe:

Los materiales a ser usados deben estar en un buen estado, libres de impurezas y otras afectaciones que puedan alterar la toma de muestras, los instrumentos de medición debidamente calibrados y el cuidado personal necesario de quienes efectúen la prueba.

Los materiales a usar son:

- Balanza de piso con capacidad de 200kg y una sensibilidad de 100g
- Recipiente de forma cilíndrica, con capacidad de 200 l.
- Palas
- Overoles
- Guantes
- Escobas
- Rastrillos
- Botas
- Mascarillas protectoras para el polvo
- Papelería y varios para la operación.

Para empezar, se debe conocer la capacidad del recipiente, pudiendo determinarlo mediante las fórmulas aritméticas existentes de acuerdo a la geometría que tenga el mismo.

Posteriormente se debe llenar el recipiente con residuos homogenizados, obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo, golpear el recipiente contra el suelo tres veces, dejándolo caer desde una altura de 10 cm, realizar el proceso hasta llenar el recipiente, teniendo cuidado de no presionar al colocar los residuos para evitar alterar el resultado.<sup>17</sup>

Se debe tener cuidado también al vaciar el recipiente sin dejar material fino.

Para obtener el peso neto, se debe restar el peso del recipiente que en este caso funciona como tara, cuando no se tenga suficiente cantidad de residuos se debe llenar hasta donde alcance y marcar debidamente para calcular el volumen.

La ecuación a usarse es:

$$D = \frac{P_{Ti}}{V_T} = \frac{P_{Ti}}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 (H-h)}$$

$$D = \frac{(\sum_i^n D_i)}{n}$$

Donde:

D = peso volumétrico de los residuos sólidos, en kg/m<sup>3</sup>

P<sub>Ti</sub> = Peso total [kg]

V<sub>T</sub> = Volumen total [m<sup>3</sup>]

H = altura total del cilindro [m]

h = altura de espacio libre [m]

d = diámetro [m]<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> Norma Boliviana NB 743 Determinación de parámetros de diseño sobre residuos sólidos municipales.

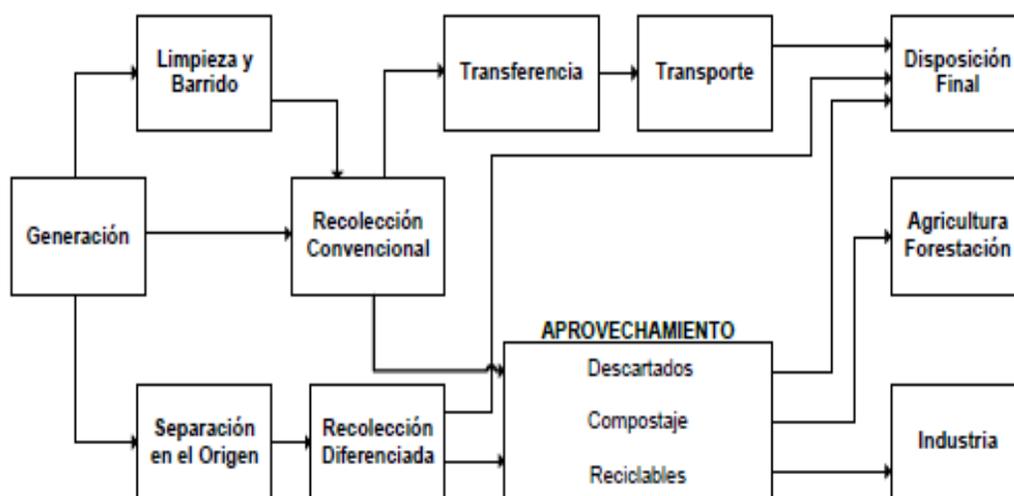
<sup>18</sup> Norma Boliviana NB 743 Determinación de parámetros de diseño sobre residuos sólidos municipales.

## 2.4 SERVICIO DE ASEO URBANO (SAU)

Se refiere al servicio público municipal que consta de las operaciones de almacenamiento, barrido y limpieza, recolección, transporte, transferencia, tratamiento o aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos municipales de acuerdo a normas técnicas, que manejan funciones y alcances con cada componente respectivamente.<sup>19</sup>

**Figura 3**

*Flujograma de un servicio de aseo urbano*



*Nota:* Adaptado de Guía para el diseño de servicios de aseo urbano.MM y A/VASB/DGIRS

La limpieza tiene cuatro objetivos:

- a) Minimizar riesgos a la salud pública: los residuos orgánicos promueven el desarrollo de vectores y estos transmisores de enfermedades, el polvo afecta el sistema respiratorio, en ocasiones llega a generar alergias y los restos de vidrio puede tener como consecuencias heridas en personas o animales que circulen por donde se encuentren estos.

<sup>19</sup> Ley Nacional N°755 -Gestión Integral de Residuos Sólidos

- b) Prevenir inundaciones y desbordamientos de ríos y cursos de agua, al existir una falta de conciencia a cerca del manejo de los residuos sólidos, por lo general las alcantarillas terminan tapadas y esto ocasiona inundaciones en ciertos sectores.
- c) Mantener limpia la ciudad, el tener un ambiente limpio incita a ocuparlo, lo propio con las ciudades, los turistas y los habitantes del lugar se sienten más acogidos.<sup>20</sup>
- d) Evitar maniobras peligrosas en el tránsito de los vehículos y riesgos de evitar accidentes para los transeúntes.

#### **2.4.1 Barrido de vías**

La actividad principal de la etapa de limpieza es el barrido de vías, que se describe como el recojo de residuos de la vía pública, que puede ser manual o mecánico, con el objetivo de cuidar la salud de las personas, evitando la propagación de insectos transmisores de virus patógenos y la obstrucción de sistemas de alcantarillado pluvial principalmente.

La clasificación de vías que se tiene es de dos tipos: pavimentadas (asfaltadas, empedradas y/o enlosetados) y descubiertas o de tierra (que no tienen ningún tipo de recubrimiento), en las que los residuos son variados, dependiendo del clima, el número de peatones y el uso de suelo principalmente, es común encontrar partículas formadas a causa de la abrasión del pavimento, restos de partes de neumáticos y referidos a vehículos, remanente de materiales que son transportados, plásticos, envolturas, papel, cartón entre otros.

##### **2.4.1.1 Barrido manual**

Para realizar este tipo de barrido es importante que el tráfico sea bajo, es conveniente para lugares en los que la topografía es accidentada<sup>21</sup> y para lugares públicos, plazas

---

<sup>20</sup> SEDESOL. 2002. Evaluación de Proyectos. S.A. de C.V. México.

<sup>21</sup> SEDESOL. 1997. Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales. S.A. de C.V. México.

principalmente, puede ser realizado por una o dos personas, teniendo dos modalidades para el recojo de residuos, haciendo uso de un carrito que consiste en un recipiente metálico, depositando de acuerdo a la necesidad mientras avanza con la actividad la persona que la ejecuta o acumulando los residuos del barrido y otra persona los levanta. Otra característica de este tipo de barrido es que funciona para vías de tipo descubierta y también para vías con algún tipo de cubierta.

#### **2.4.1.2 Barrido mecánico**

Este tipo de barrido es principalmente para lugares donde se tiene un flujo intenso principalmente vehicular, otra característica que se debe mencionar es que el terreno posee una topografía plana, avenidas y calles anchas, incluyendo la limpieza de otras áreas públicas mediante aspiración y/o lavado.<sup>22</sup>

#### **2.4.2 Limpieza de áreas públicas**

Comprendida por el barrido, lavado y desinfección de espacios públicos, como ser plazas, mercados, ferias y parques, en algunos casos estadios, coliseos y riberas de ríos. El barrido y limpieza debe realizarse de manera diaria, dejando las plazas libres de propagandas, afiches y papeles que comúnmente son usados.

En el caso de los mercados, se necesita mínimamente dos personas encargadas del barrido, teniendo una distribución de las cunetas; uno a cada lado respectivamente, esto refiriéndose a las calles adyacentes a estos centros de abastecimiento. Los residuos generados al interior, serán limpiados por las personas encargadas del servicio de aseo, su número, como la frecuencia de limpieza, dependerá del tamaño del mercado y la generación de residuos que exista en el lugar, una vez realizada la limpieza se depositará la basura en lugares establecidos previamente, haciendo uso de contenedores o en su defecto algún recipiente de uso temporal, para ser transportado posteriormente por un vehículo recolector. Es importante realizar limpieza con productos que ayuden

---

<sup>22</sup> Dávila Vásquez, Gálvez von Collas. 1981. Limpieza de Vías y Áreas Públicas. OPS/CEPIS. Perú.

con la desinfección de manera periódica y/o cuando el Servicio de Aseo Urbano (SAU) lo considere necesario.<sup>23</sup>

La limpieza en ferias debe ser realizada inmediatamente culmine la misma con grupos de personas encargadas del servicio de limpieza, el número de personas por cuadrilla es de acuerdo a la necesidad dependiendo el lugar y la cantidad de residuos generados, previamente a realizarse la feria debe haber contenedores de almacenamiento temporal donde se tenga los residuos hasta que el vehículo recolector los retire, estos contenedores y sitios de los mismos deben ser lavados una vez finalizado el proceso con productos que sirvan de desinfectante y a su vez ayuden con los malos olores, lo que se recomienda es el uso de lavandina.

Los parques, jardines y áreas verdes deben ser responsabilidad de otra unidad o entidad municipal, sin embargo, bajo condiciones de los municipios deben ser atendidas mediante barridos manuales y en caso de ser insuficiente una persona para realizar la limpieza de un área verde por su magnitud se debe trabajar con cuadrillas.<sup>24</sup>

### **2.4.3 Limpieza de boca tormentas**

Tiene por objetivo garantizar la fluidez del agua en el desagüe pluvial, sin que los residuos sólidos sean conducidos por este, está dirigido a residuos comúnmente llamados peatonales, formando parte de este grupo, los plásticos, restos de comida y papeles, que fueron arrastrados hasta la boca de tormenta.<sup>25</sup>

### **2.4.4 Deshierbe**

Es el desbroce y corte tanto de hierbas como maleza existente en calles, aceras sin asfalto, orillas de ríos y canales de agua, actividad que se realiza manualmente, el personal puede ser el sobrante de servicio de barrido, sin que exista una frecuencia de barrido definida, o tener a disposición un servicio exclusivo de desbroce y deshierbe

---

<sup>23</sup> SAKURAI K. 1981. Limpieza de vías y áreas públicas, CEPIS. Perú.

<sup>24</sup> Guía para el diseño del servicio de aseo urbano. Bolivia.

<sup>25</sup> LeiteMansur, PenidoMonteiro. 1996. Cartilha de Limpeza Urbana. Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas do IBAM. Brasil.

en caso de ser necesario, dependiendo de características climatológicas, topográficas y viales del municipio.

#### **2.4.5 Otros servicios de limpieza**

Este apartado está referido a la limpieza de monumentos, canales de agua, limpieza de micro basurales y combate de vectores.

El servicio de limpieza también incluye áreas públicas abandonadas (lotes baldíos no cercados) que se vuelven pequeños botadores a cielo abierto, donde depositan restos de poda, neumáticos viejos, restos de embalajes y residuos orgánicos, teniendo consecuencias graves en condiciones sanitarias y ambientales.

Para enfrentar este tipo de problema, el servicio de la limpieza es necesario una metodología operativa específica, para cubrir el proceso desde las labores de limpieza, recogida y transporte hasta el destino final.<sup>26</sup>

#### **2.4.6 Elementos y componentes de barrido y limpieza**

El barrido y limpieza, como todo proceso tiene ciertos elementos y componentes que son:

Horario, herramientas, equipo, personal, procedimientos, rutas y rendimientos, mismos que deben cumplirse a cabalidad para una buena ejecución de esta actividad, tomando en cuenta varios factores presentes al momento de llevarse a cabo.

##### **2.4.6.1 Horarios de barrido**

###### **a) Barrido manual**

Dependiendo del clima de la zona se realizan en el día en lugares que presentan climas fríos y en la noche para aquellos lugares donde se tiene clima templado y cálido, otra razón por lo que es recomendable el horario nocturno es el tránsito vehicular.

---

<sup>26</sup> IBAM (Instituto Brasileño de Administración Municipal). 2006. Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades de América Latina y El Caribe. Brasil.

## **b) Barrido mecánico**

Este tipo de barrido se adecua a las costumbres de los municipios, sus características de infraestructura vial, sin embargo, se recomienda realizarlo en la noche por las peculiaridades las zonas comerciales, industriales, residenciales y así también en grandes avenidas en las que existe un tráfico intenso, muchos peatones y vehículos estacionados que dificultan las labores de limpieza.<sup>27</sup>

### **2.4.6.2 Herramientas de barrido.**

**a) Barrido manual:** Escoba, escobillón, cepillos de barrer, carrito de mano o a pedal, recogedor, rastrillo, azadón, barreta, machete, horquetas y pala.

En caso de necesidad, rasquetas para la limpieza en vías de tierra.

**b) Herramientas para vías y áreas con pavimento:** Escobillón de fibras cortas y duras, carrito de mano con capacidad de dos receptáculos cilíndricos de 50 l, o uno que lleguen a una capacidad mínima de 120 l es de importancia para las personas que trabajan en barrido de calles, cuando no se tiene esta herramienta se debe dotar de bolsas plásticas para levantar lo acumulado en las cunetas tras el barrido.<sup>28</sup>

Con la finalidad de facilitar la operación de barrido se recomienda que sean bolsas de 100 L. y puedan introducirse en el cilindro.<sup>29</sup>

Palas mecánicas, que son usadas cuando existe demasiado residuo principalmente cuando se trata de escombros, o tierra.

En zonas de precipitación pluvial considerable y/o cercanas a quebradas o laderas, se precisa de pala, azadón y barreta según sea el caso para limpiar las cuentas y sumideros de boca de tormenta.

---

<sup>27</sup> SEDESOL. 1997. Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales. S.A. de C.V. México

<sup>28</sup> Dávila Vásquez, Gálvez von Collas. 1981. Limpieza de Vías y Áreas Públicas. OPS/CEPIS. Perú

<sup>29</sup> SEDESOL. 1997. Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales. S.A. de C.V. México

Los carritos de mano, más conocidos como carretilla, deben ser evitados o restringir su uso a sólo ocasiones en las que los métodos mencionados no funcionen.<sup>30</sup> Para retirar los restos de vegetación puede usarse las horquetas.

### **c) Herramientas para vías y áreas sin pavimento**

Escobillones de cerdas de plástico, recogedores, bolsas, rastrillos y horquetas, rasquetas y lancetas.

Para el deshierbe, desbrozado y cortado de hierbas y malezas debe de usarse azadones, palas, machetes y bolsas ya sea de plástico o saquillos.

Existen vehículos que son diseñadas para servicios particulares como ser: Barredora mecánica y Barredora con doble escobillón, para cunetas, posee gran capacidad, Barredora pequeña aspiradora, para áreas concentradas como parqueos de vehículos y Barredora con aspiradora, para calles y principalmente avenidas, teniendo cuidado con residuos que puedan taponar la manguera de succión y el ventilador como ser palos, piedras, trapos entre otros, de igual forma si el pavimento está en malas condiciones, esta máquina se deteriora.

Para una limpieza mecánica se puede mencionar el Vehículo lava calle, usado en mercados y ferias y Cisternas acondicionadas que, si bien cumple la misma función del primero, necesita el complemento de un cepillado en las áreas limpiadas.<sup>31</sup>

#### ***2.4.6.3 Equipos de protección personal***

La protección del personal es importante en todos los trabajos y más cuando en este, la exposición es directa como es el caso de los trabajadores en esta área, quienes tienen altas probabilidades de contagiarse de enfermedades provenientes de restos infecciosos, punzo-cortantes, vidrios, entre otros.

---

<sup>30</sup> IBAM (Instituto Brasileño de Administración Municipal). 2006. Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos

Municipales en Ciudades de América Latina y El Caribe. Brasil

<sup>31</sup> Guía para el diseño de servicio de aseo urbano. Bolivia.

Según el Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos, en sus Artículos 38° y 39° indican que los gobiernos municipales, deben otorgar equipo y herramientas de trabajo, como también el personal es responsable del cuidado e higiene de los insumos que le fueron otorgados y serán capacitados tanto técnica como seguridad e higiene en el trabajo.<sup>32</sup>

## **2.5 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS**

De acuerdo a la Guía para el diseño de Servicio de Aseo Urbano SAU, se busca cumplir ciertos objetivos:

- Atender a toda la población en forma sanitaria y con una frecuencia adecuada.
- Aprovechar toda la capacidad de los vehículos recolectores (no debe haber viajes con carga incompleta).
- Aprovechar toda la jornada legal de trabajo del personal.
- Minimizar los recorridos improductivos en las rutas, es decir, que haya pocos traslados sin estar recogiendo basura y que no pase el vehículo varias veces por la misma calle.
- Minimizar los costos en tanto no se afecte el aspecto sanitario, lo que es una consecuencia de los puntos anteriores.
- Disponer de equipos de reserva para efectuar mantenimiento preventivo y poder cumplir con los programas previstos.<sup>33</sup>

La recolección es la operación consistente en recoger los residuos generados para ser transportados a instalaciones de transferencia, tratamiento o a un sitio de confinamiento o disposición final.<sup>34</sup>

Existen diferentes métodos:

---

<sup>32</sup> Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. 2012. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano., Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Colombia.

<sup>33</sup> Guía para el diseño de servicio de aseo urbano. Bolivia

<sup>34</sup> Ley 755 de Gestión Integral de Residuos

**a) Por acera**

De tipo semi mecanizado, consiste en que el personal toma los recipientes con residuos sólidos que fueron colocados por los usuarios en las aceras, vacía el contenido en el vehículo recolector y regresa al sitio los recipientes vacíos para que los usuarios atendidos los introduzcan a sus domicilios.<sup>35</sup>

La cuadrilla está compuesta por un chofer y dos ayudantes, sus funciones son cumplir con las rutas, horarios y frecuencia que le fueron establecidos y el recojo de bolsas plásticas y/o recipientes depositarlas o vaciarlas en el vehículo respectivamente, siguiendo el proceso mencionado en el párrafo anterior, cabe recalcar que este método se adecua más a municipios que tengan calles con doble sentido, el vehículo pasa por ambos, transitando a bajas velocidades.<sup>36</sup>

Es un método que requiere de una participación responsable tanto de los usuarios como del personal de servicio, el riesgo de este método es que los animales pueden romper los recipientes o bolsas que contienen los residuos sólidos llegando a generar demora en el recojo, lo que se sugiere es el uso de bolsas con cierre hermético y canastillas elevadas de manera que se reduzca las probabilidades que suceda inconvenientes con los animales, a la vez que también el usuario debe tener en cuenta el horario y frecuencia del servicio para cumplir su responsabilidad de sacar sus residuos.

**b) Por esquina:**

Este método consiste en que el vehículo de tipo semi mecanizado comunica su llegada mediante el sonido de una campana o similar a este, los usuarios deben formar una o dos filas con sus recipientes y ser atendidos por los ayudantes quienes pueden dividirse el trabajo ya sea ambos vaciando en la tolva del vehículo los residuos generados y devolviendo los recipientes vacíos a los usuarios correspondientes o uno de los ayudantes se encarga de recibir y devolver los recipientes mientras el otro se encarga

---

<sup>35</sup> SEDESOL Manual Técnico Sobre Generación, Recolección Y Transferencia De Residuos Sólidos Municipales 2002.

<sup>36</sup> SEDESOL. 1997. Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales. S.A. de C.V. México.

del vaciado, proceso que será repetido hasta atender a todos los usuarios, este es el método más económico de recojo.<sup>37</sup>

Es importante que los usuarios tengan conocimiento del horario y frecuencia de recojo.

### c) **Por contenedores**

El vehículo que se necesita para este servicio es de tipo mecanizado, es el más conveniente para lugares de gran generación como los mercados, centros comerciales, instituciones entre otros, los contenedores deben ser colocados en puntos a los que pueda acceder el vehículo recolector, con posibilidad de realizar maniobras en caso que se requiera, la participación del usuario es menor a comparación de los anteriores métodos, sólo debe sacar sus residuos sólidos y colocarlos en el contenedor, sin tomar en cuenta horarios ni frecuencia de recojo.

En los municipios mayores, los métodos más usados son de acera y esquina, mientras que en los intermedios es el de acera y en los menores de esquina, es importante recalcar que no se tiene un método en específico para cada municipio, pudiendo variar la disposición de personal y la participación de los usuarios.<sup>38</sup>

Otra forma de clasificación sería analizando el conjunto de residuos sólidos a ser recolectados, teniendo así dos tipos:

### **Recolección diferenciada**

Un complemento que puede darse a la recolección es que esta sea separada de acuerdo a las características de los residuos sólidos, de manera que el aprovechamiento de estos sea mayor.

Haciendo énfasis en el aprovechamiento, la **Recolección diferenciada puerta a puerta** se entiende como el sistema de recolección selectiva que se fundamenta en la

---

<sup>37</sup> Guía de diseño del servicio de aseo urbano. Bolivia

<sup>38</sup> Guía de diseño de servicio de aseo urbano. Bolivia.

entrega separada de las distintas fracciones de los residuos en origen, con un calendario establecido y sobre las que se deba poder efectuar un mínimo control de calidad.<sup>39</sup>

La recolección diferenciada puerta a puerta puede efectuarse para la totalidad de fracciones presentes en los residuos municipales ordinarios: orgánicos, no aprovechables, reciclables, pero para que un municipio sea reconocida técnicamente la adopción de este método de recolección, debe estar establecida como mínimo la fracción orgánica e inorgánica.

De acuerdo a la Ley 755, en la etapa de transporte, que es la posterior al recojo, los residuos sólidos son llevados a instalaciones de tratamiento o sitios de disposición final, respetando una frecuencia y haciendo uso de equipos y herramientas según requerimiento.

El transporte de los residuos sólidos recolectados ocurre desde donde termina la recolección domiciliaria hasta el sitio de descarga, que puede ser una estación de transferencia de materiales, una estación de separación y aprovechamiento, un sistema de disposición final tipo relleno sanitario, o un sitio en el cual existan combinaciones de las anteriores alternativas.<sup>40</sup>

La participación de los usuarios es un componente importante para el funcionamiento del servicio y para esto es necesario que esté garantizado: 1) la universalidad del servicio prestado, o sea, todo ciudadano de cada municipio debe ser atendido por el servicio de recolección de residuos domiciliarios; 2) la regularidad de la recolección, esto es, los vehículos recolectores deben pasar regularmente en los mismos sitios, días y horario.<sup>41</sup>

---

39 ALVAREZ 2010, Manual de Recogida Selectiva puerta a puerta. Agencia de residuos sólidos de Cataluña.

40 Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. 2012. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano., Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Colombia.

41 CEMPRE 1996 Residuos sólidos urbanos manual de gestión integral. Compromiso Empresarial para el Reciclaje Uruguay.

## 2.6 RUTAS

Se define como el recorrido específico que deben realizar los vehículos recolectores, es un componente importante en el servicio de recolección de residuos sólidos municipales, su diseño debe ser cuidadoso evitando:

- Deficiencia de operación.
- Desperdicio del personal.
- Reducción de las coberturas de servicio de recolección.
- Proliferación de botaderos clandestinos a cielo abierto.

### 2.6.1 Macro rutas

Son las divisiones en sectores operativos del municipio, incluyendo la determinación de número de camiones requeridos y el establecimiento de áreas a cubrir según las características de cada sector.

El diseño de estas macro rutas se realiza tomando en cuenta el tamaño de manera que todas las cuadrillas tengan una cantidad de trabajo similar, consta de dos etapas: proyecto de gabinete y ajuste de campo.<sup>42</sup>

### 2.6.2 Micro rutas

La micro ruta es el recorrido específico que deben cumplir diariamente los vehículos de recolección en las áreas de la población donde han sido asignados, con el fin de recolectar de la mejor manera posible los residuos sólidos generados por los habitantes de dicha área. Este proceso consiste en desarrollar una ruta de recorrido para cada subsector, de manera que permita a cada equipo llevar el trabajo de recolección en una menor cantidad de tiempo y recorrido.<sup>43</sup>

La base para su diseño son distintos factores:

---

42 Henao Guzmán, Piedrahita Arana. 2015. Diseño de un modelo de ruteo de vehículos para la recolección de residuos sólidos en el municipio de zarzal valle del cauca. Universidad del Valle - Facultad de Ingeniería. Colombia

43 Castiglione et al. 2002. Diagnóstico de la Situación de los Residuos Sólidos en Argentina. AIDIS.

Método de recolección

Tipo de vehículo

Lugar de garaje

Lugar de disposición final

Sentido de circulación

Hora de mayor cantidad de tránsito y situación de congestión

Topografía

Ancho y tipo de vías

Vías servibles y vías no servibles

Tipo de trazo de rutas.

Son dos los tipos de trazo de rutas:

Peine: recolección de ambos lados de las vías a la misma hora; se recorre solamente una vez por cada vía. Se recomienda en zonas de escasa densidad de población, y por lo mismo extensas.

- Doble peine: recolección de un lado de las vías; se recorre por lo menos dos veces por cada vía. Recomendable para zonas de alta densidad de población y principalmente en zonas comerciales.<sup>44</sup>

## **2.7 VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE**

El factor que determina el tipo de vehículo a usar es la capacidad que se necesita, es importante considerar la altura de la carga debe permitir una operación cómoda y en cuanto al tamaño y características, son variados.

**2.7.1 Equipos para recolección de residuos sólidos (semi mecanizados).** – están capacitados para recolectar y descargar.

---

<sup>44</sup> Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente Argentina (2002)

**a) Camión recolector con caja compactadora**

Poseen una caja compactadora que se dispone de una tolva para la carga (lateral o trasera) para los residuos y un dispositivo de compresión permitiéndole disminuir hasta cinco veces el volumen de los mismos, tiene una capacidad de diez a veinte metros cúbicos, suele estar construida con chapas de acero especial, de alta resistencia a la abrasión y a la corrosión, reforzada con vigas y tirantes de acero de gran resistencia montada sobre un bastidor de soporte sólido.

A nivel nacional los municipios mayores en su totalidad cuentan con vehículos compactadores.

**b) Camión recolector con/sin caja cerrada sin compactación. –**

Su capacidad es limitada por la falta del compactador, este tipo de vehículo es usado en municipios menores que tienen poca generación de residuos y en municipios mayores para la recolección de restos de arbolado y residuos de limpieza de vía pública, también se usa este tipo de vehículo para residuos infecciosos.

**c) Camión compactador vacía contenedor. –**

Tienen una capacidad de hasta doce a treinta metros cúbicos, su mecanismo de carga y descarga de contenedores es trasera, frontal y lateral de su capacidad es de hasta seis metros cúbicos, posee ventajas como: la reducción del coste del transporte por tonelada, reducción del tiempo de recolección, entre otras.<sup>45</sup>

**2.7.2 Equipos no convencionales. –**

No tiene las características de los vehículos especializados, sin embargo, prestan el servicio.

**a) Camiones de caja abierta**

Son los camiones tipo volquetas con carrocería de volteo, son varias las desventajas que presentan; no poseen cierre hermético siendo un peligro para la salud debido al

---

<sup>45</sup> Guía de Diseño de Servicio de Aseo Urbano

esparcimiento de residuos tanto sólidos como líquidos en su recorrido, su altura de carga es elevada y el acomodo de residuos es manual.

#### **b) Otros vehículos**

Los carros, remolques, volquetes son parte de este grupo, generalmente son usados en municipios pequeños, porque los residuos generados ocupan volúmenes pequeños, su uso se limita a comunidades alejadas de los municipios pequeños, con un costo mínimo y donde no justifica el uso de equipos de volúmenes grandes por la capacidad y en algunos casos la topografía.

Una vez analizados los diferentes tipos de vehículos, sus ventajas e inconvenientes, debemos recordar que cada municipio tiene que analizar todos los factores antes de tomar una decisión sobre el tipo de vehículo teniendo en cuenta consideraciones económicas, higiénicas, estéticas y de seguridad en el servicio, es decir, que es importante para conseguir un rendimiento óptimo un vehículo recolector, que reúna las siguientes características:<sup>46</sup>

- No derrama residuos ni lixiviado en la vía pública.
- Tasa de compactación de por lo menos 3:1, es decir, 3m<sup>3</sup> de residuos se reducen, por compactación, a 1m<sup>3</sup>.
- Altura de carga a la altura de la cintura de los recolectores, es decir, una altura de hasta 1,20m con relación al suelo.
- Posibilita el vaciado de por lo menos dos recipientes simultáneamente; carga trasera, de preferencia.
- Espacio adecuado para el transporte de la cuadrilla.
- Descarga rápida de los residuos en el lugar de destino.
- Capacidad del compartimiento de carga (cola) de por lo menos 1,5m<sup>3</sup>.
- Buena maniobrabilidad y potencia para subir cuestas.

---

<sup>46</sup> IBAM (Instituto Brasileño de Administración Municipal). 2006. Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades de América Latina y El Caribe. Brasil.

- Dispositivos de elevación para vaciar diversos tipos de contenedores.
- Distribución adecuada de la carga sobre el chasis del camión.
- Capacidad adecuada para minimizar la cantidad de viajes al destino, en función de las condiciones de cada área.

## **2.8 FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN**

Se refiere a las veces que se realiza la recolección de residuos sólidos, dependiendo de condiciones climáticas, generación de residuos y factor socioeconómico, principalmente.

Daria: El vehículo recolector debe realizar el recorrido de toda la ruta y repetir todos los días, menos el domingo, el usuario preferiría este servicio, sin embargo, el costo es elevado y se convierte en una frecuencia no conveniente.

Tres veces por semana, con un día de por medio, uno sí y al siguiente no, de lunes a sábado.<sup>47</sup>

Los camiones recolectores se llenan en un tiempo más corto y en un recorrido menor, es decir, el concepto de “costo por tonelada-kilómetro”, sería menor al compararla con una frecuencia diaria<sup>48</sup>

Dos veces por semana, se eligen dos días a la semana, teniendo como intervalo dos y/o tres días. Los conceptos de “costo por tonelada-kilómetro”, en teoría se invierten conforme se disminuye la frecuencia de recolección ya que los camiones recolectores, se llenarían más rápido y en un recorrido cada vez menor.

Otro factor en contra es que se crea la posibilidad del incremento de botaderos clandestinos a cielo abierto y con esto incomodidad por parte de los habitantes.

El periodo máximo de recojo está determinado según factores fundamentales:

---

<sup>47</sup> CEPAL-ILPES. 2000. Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales e Impacto Ambiental. CEPAL.

<sup>48</sup> SEDESOL. 1998. Manual para el Diseño de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos Municipales. S.A. de C.V. México.

- Tiempo para que la producción de residuos pueda almacenarse en recipientes de dimensiones eficaces.
- Tiempo en que tardan los residuos en despedir olores desagradables, en condiciones de temperatura media según en municipio que se esté trabajando.
- Ciclo de desarrollo de la mosca (seis a siete días a la temperatura del verano)

### 2.8.1 Horarios de recolección

Este puede ser nocturno o diurno, en cuanto a recolección domiciliaria es más usado el horario diurno a diferencia del reajo de residuos de barrido de vías y limpieza que generalmente es el nocturno.

**Tabla 5**

*Ventajas y desventajas de horarios de recolección*

Horario Diurno		Horario Nocturno	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Es la más económica	Interfiere muchas veces con el tráfico del vehículo.	Indicada para sectores comerciales, mercados.	Causa molestia por el ruido provocado por la manipulación de los residuos y por la operación de los vehículos recolectores.
Posibilita mejor supervisión.	Mayor desgaste de los operarios en las localidades con clima bastante cálido, con una consecuente reducción de eficiencia.	No interfiere en sectores con mucho tráfico vehicular.	Dificulta la supervisión del servicio.
		Los residuos no se encuentran a la vista de las personas.	Aumenta el costo de mano de obra por trabajo nocturno.

*Nota:* Adaptado de CEMPRE.1998. Residuos sólidos urbanos manual de gestión integral. Compromiso Empresarial para el Reciclaje. Uruguay.

### 2.8.2 Personal de servicio. –

El número de operarios por vehículo transportador de residuos sólidos se denomina cuadrilla de recolección, el cual depende de una serie de factores, tales como número de recipientes por localidad del municipio (ya sea contenedores para método de esquina o canastillos para el método de acera), densidad de la población, características del distrito, tiempo disponible para la recolección y transporte al sitio de disposición final, número de viajes por día, tiempo necesario para la recolección propiamente dicha (hombres-minuto por tonelada de residuos recolectados, tiempo que demora un hombre en recolectar una tonelada de residuos) y tamaño del vehículo recolector. Generalmente a nivel nacional se emplean, dos o tres hombres y ocasionalmente cuatro, por vehículo. En este último caso (utilizado en los vehículos tipo volquetes), un hombre trabaja a cada lado del vehículo para manipular los recipientes, el tercero los descarga en el vehículo, y el cuarto operario es el chofer. El número de operarios por cuadrilla no puede ser normalizado, por cuanto depende de los factores a los cuales se ha hecho mención y debe ser estudiado en cada caso particular según las condiciones locales. A nivel latinoamericano, la recolección de los residuos sólidos ocupa entre 3 y 4 trabajadores por cada mil habitantes (usuarios) de un Municipio.<sup>49</sup>

La entidad prestadora del servicio debe ofrecer el asesoramiento a cerca de medidas de seguridad industrial y salud ocupacional, siendo las principales: técnica de recolección y manipulación de residuos sólidos eficiente, recibo de recipientes en caso de recojo domiciliario, recibo de residuos de las cuadrillas de barrido de vías y uso de elementos personales de protección que serán dotados por la misma entidad, entre los que se puede mencionar; casco o gorra para protección de cabeza y radiación, gafas para protección visual, mascarillas para protección respiratoria, guantes de cuero para manos, calzado de protección con puntera, suela resistente a hidrocarburos y antideslizante para pies y overol como ropa de trabajo.<sup>50</sup>

---

<sup>49</sup> Paraguazu, Rojas. 2002. Indicadores para el Gerenciamiento del Servicio de Limpieza Pública. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS. Perú.

<sup>50</sup> Guía de Diseño de Servicio de Aseo Urbano. Bolivia

## 2.8 MARCO CONCEPTUAL

**Compostaje:** Proceso aeróbico controlado de descomposición de los residuos orgánicos, mediante microorganismos y fauna del suelo para la obtención de abono orgánico. Forman también de este proceso las actividades relacionadas con lombricultura.<sup>51</sup>

**Cuantificación:** Proceso mediante el cual se determina la proporción de cada uno de los componentes contenidos en los residuos sólidos.<sup>51</sup>

**Peso volumétrico:** Masa o cantidad de materia de un determinado residuo, contenida en una unidad de volumen en condiciones específicas.<sup>52</sup>

**Disposición final:** la acción de depositar permanentemente los residuos sólidos en un lugar.<sup>51</sup>

**Gestión de residuos sólidos:** Es el conjunto de actividades como ser generación, barrido, almacenamiento, recolección, transferencia, transporte, tratamiento, y disposición final de los residuos de acuerdo a sus características, para la protección de la salud humana, los recursos naturales y el medio ambiente.<sup>51</sup>

**Per cápita:** Se define como: La locución adjetiva que significa 'por cabeza o por persona', tecnicismo económico que suele aparecer en referencia a una variable económica que se distribuye entre los componentes de un grupo.<sup>53</sup>

**Plástico 7 ABS:** pueden ser más difíciles de reciclar debido a la falta de uniformidad en su composición química y física. Algunos plásticos número 7 también pueden contener sustancias químicas peligrosas, como el bisfenol; contienen: Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), policarbonato (PC) y otros que no son fáciles de identificar.<sup>54</sup>

---

<sup>51</sup> Ley de Gestión Integral de Residuos 755 Bolivia.

<sup>52</sup> Norma Boliviana Terminología sobre residuos sólidos y peligrosos NB 742 Bolivia.

<sup>53</sup> <https://www.rae.es/dpd/per%20c%C3%A1pita>

<sup>54</sup> <https://sintac.es/conoce-los-7-tipos-de-plastico-y-sus-caracteristicas/>

**Poliestireno:** es un tipo de plástico ampliamente utilizado en diversas aplicaciones debido a sus propiedades y características únicas: es una resina rígida y fuerte, los productos comunes son: vasos desechables, bandejas de alimentos, recipientes para alimentos preparados.<sup>55</sup>

**Polietileno:** El polietileno es un tipo de resina plástica ampliamente utilizado en el rubro industrial. Se caracteriza por su versatilidad, resistencia y facilidad de procesamiento. Los polietilenos se emplean en una amplia gama de aplicaciones, como envases flexibles, botellas, bolsas de plástico, tuberías, cables, etc.<sup>56</sup>

**Polipropileno:** también denominado por las siglas PP, es uno de los materiales plásticos más utilizados, junto con el tereftalato de polietileno. Sus usos abarcan desde textiles y envases hasta dispositivos médicos, material de laboratorio o componentes automovilísticos. Envases y embalajes de alimentos, productos de cosmética y medicamentos.<sup>57</sup>

**Proliferación:** Crecimiento, multiplicación, reproducción, aumento.<sup>52</sup>

**Reciclaje:** proceso que sufre un material o un producto, para ser incorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en el que fue generado u otro diferente.<sup>51</sup>

**Reciclaje:** Proceso que se aplica al material o residuo, para ser reincorporado al ciclo productivo o de consumo, como materia prima nuevo producto.<sup>50</sup>

**Relleno sanitario:** Instalación o infraestructura que cumple con las condiciones técnicas, sanitarias y ambientales empleada para la disposición final de residuos donde se realiza el esparcimiento, acomodo y compactación de los mismos sobre una base impermeable, la cobertura con tierra u otro material inerte, el manejo y tratamiento de lixiviados y gases y el control de vectores con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.<sup>50</sup>

---

<sup>55</sup> <https://www.plastico.com/es/noticias/abc-del-poliestireno-que-es-usos-y-aplicaciones>

<sup>56</sup> [https://materiaprima.com.bo/?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjw4MSzBhC8ARIsAPFOuyWikVVFcSiccVFBODFvWigYwkikx0dxU6eUayK7QezrmvQhEruCFeUaArsxEALw\\_wcB](https://materiaprima.com.bo/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw4MSzBhC8ARIsAPFOuyWikVVFcSiccVFBODFvWigYwkikx0dxU6eUayK7QezrmvQhEruCFeUaArsxEALw_wcB)

<sup>57</sup> <https://www.envaselia.com/blog/que-es-el-polipropileno-id13.htm>

**Tetrabrik:** Envase de cartón impermeabilizado, cerrado herméticamente, y generalmente de forma rectangular, para bebidas y alimentos líquidos.<sup>58</sup>

**Vector:** Ser vivo que puede transmitir o propagar una enfermedad.<sup>52</sup>

**Vertedero:** Lugar donde se vierten basuras o escombros.<sup>59</sup>

---

<sup>58</sup> <https://dle.rae.es/tetrabrik>

<sup>59</sup> <https://dle.rae.es/vertedero>

**CAPÍTULO III**  
**MARCO METODOLÓGICO**

### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Por las características que presenta la investigación se ajusta a una investigación mixta.

Cuantitativa:

Los resultados medibles son: la producción per cápita y el peso volumétrico de los residuos sólidos como parte del estudio de caracterización.

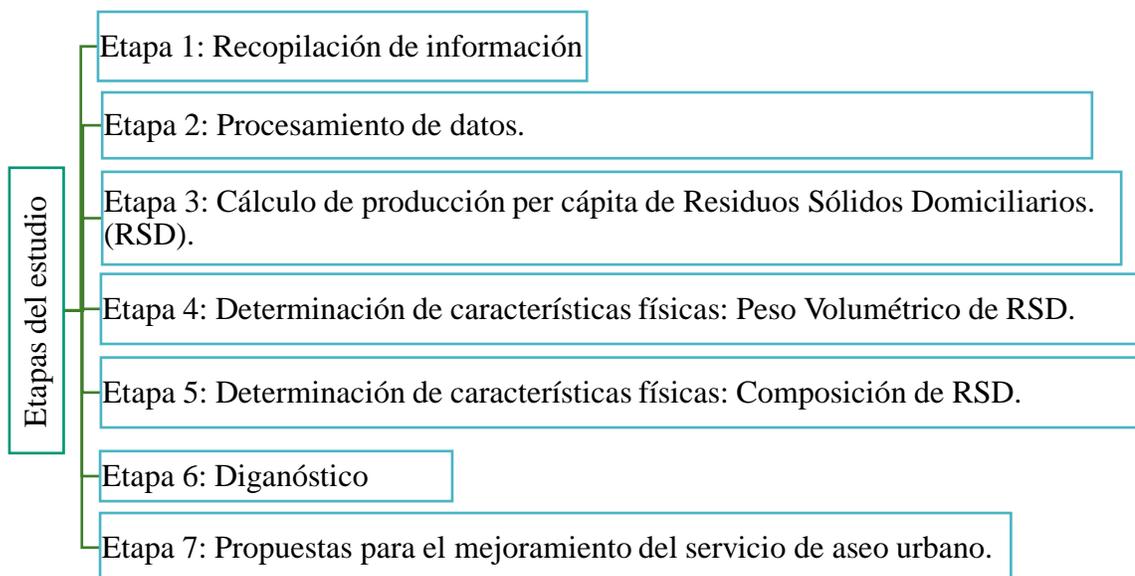
Cualitativa:

Por la evaluación de las características físicas, que dentro del estudio se conoce como composición física de residuos sólidos.

Considerando la investigación cuantitativa se puede mencionar que el alcance es explicativo, los objetivos que se tiene son la respuesta como consecuencia a las mediciones que se realizará.

El método de obtención de información será la encuesta a las familias participantes.

### 3.2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN



#### 3.2.1 Recopilación de información:

Para este punto se realizará búsqueda de información en libros, normas y guías bolivianas, como también artículos y revistas electrónicas.

Para tener en cuenta los factores que intervienen en los procesos de disposición final de residuos sólidos, es importante tener literatura confiable que respalde tanto criterios como métodos para posteriormente realizar la aplicación justificada de los mismos.

La Guía para la formulación de Programas Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2012 y la Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitario del MMAyA nos presentan metodología que es aplicable tanto en área rural como área urbana, apoyándose en la Norma Boliviana 743 “ Determinación de parámetros físicos de residuos sólidos municipales”, se indica el procedimiento desde la selección de muestra de población, los instrumentos y materiales para realizar el trabajo.

Se debe realizar un muestreo con el fin de determinar el número de familias con las que se trabajará, se aplicará una encuesta para conocer la realidad de las familias participantes.

### **3.2.2 Procesamiento de datos:**

Para la identificación del lugar se usarán programas y softwares como ser: Google Earth, Excel y Autocad, que permitan llegar al cumplimiento de los objetivos propuestos.

### **3.2.3 Determinación de la producción per cápita de residuos sólidos domiciliarios RSD:**

Procedimiento descrito en la Norma Boliviana NB 743:

-Determinar y ubicar el universo de trabajo, en un plano actualizado de la localidad en la zona por muestrear, Identificar físicamente los elementos de la muestra en el universo de trabajo, anotando con pintura amarilla el número aleatorio correspondiente al elemento, en algún lugar visible de la calle donde se encuentra el elemento por muestrear.

-Recorrer el universo de trabajo, visitando las fuentes generadoras seleccionadas para la muestra, Entregando una bolsa de plástico.

-Visitar nuevamente las fuentes generadoras del universo de trabajo el primer día del período en que se realiza el muestreo para recoger las bolsas conteniendo los residuos sólidos generados antes de este día.

-Las bolsas ya recogidas con- teniendo los residuos se transfieren al equipo de recolección municipal o se llevan al sitio de disposición final.

-A partir del segundo, hasta el séptimo día del período de muestreo se recogen las bolsas conteniendo los residuos generados el día anterior y a su vez se entrega una nueva bolsa para almacenar los residuos por generar las siguientes 24 horas.

A la bolsa conteniendo los residuos generados, se le anota el número aleatorio correspondiente, con el fin de identificar los elementos.

En el octavo día, únicamente se recogen las bolsas con los residuos generados el día anterior.

-Diariamente después de recoger los residuos sólidos generados el día anterior, se procede a pesar cada elemento anotando su valor en el formulario de campo, en el renglón correspondiente al día en que fue generado.

-Para obtener el valor de la generación por unidad de residuos sólidos, en Kg. / unidad/ día correspondiente a la fecha en que fueron generados; se divide el peso de los residuos sólidos entre el número de generadores de la instalación. En el caso de que interese conocer la generación por instalación, simplemente se tomará el valor obtenido del pesaje de los residuos por cada instalación.

Para la evaluación de resultados se debe aplicar la Ley de Dixon como criterio estadístico.

#### **3.2.4 Determinación de la característica física: peso volumétrico de RSD:**

Una vez registrados los valores del peso de cada muestra, serán homogenizados los residuos sólidos de manera que pueda realizarse el cuarteo correspondiente, las partes de los residuos resultantes del cuarteo, serán usadas para determinar esta característica, deben ser introducidos a un recipiente de geometría conocida, considerando que lo más

usado es un turril con capacidad de 200 litros, del que se realizan registro del peso y medidas geométricas; donde se llenará los residuos sin ejercer presión alguna y posterior a esto, debe simularse una compactación, dejándolo caer desde una altura determinada, aproximadamente entre 10 a 15 cm.

Materiales usados:

-Pala

-Escoba

-Guantes

-Barbijos

-Papelería y varios.

-Plástico para evitar derrames en el suelo.

### **3.2.5 Determinación de la característica física: composición de RSD:**

Posterior al registro de datos para el cálculo del peso volumétrico, se realiza la clasificación de los residuos según el formulario donde se especifica los productos y subproductos correspondientemente, una vez separados se debe registrar sus pesos en el formulario con el que luego será calculado el porcentaje de cada uno.

### **3.2.6 Diagnóstico del manejo de residuos sólidos**

Es importante identificar la situación actual a cerca del manejo de residuos sólidos en la localidad de El Puente, porque es la base de información sobre la cual se puede realizar propuestas a cerca de la mejora del servicio de aseo urbano.

### **3.2.7 Alternativas de mejoramiento del servicio de aseo urbano.**

Este punto será un complemento de planificación para el mejoramiento del servicio, se realizará de acuerdo a la guía de Servicio de Aseo Urbano SAU.

**CAPÍTULO IV**

**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL**

**PROYECTO**

## 4.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de información se realizó tanto en gabinete como en campo:

### 4.1.1 Gabinete:

La información referida al municipio y la localidad de El Puente.

#### 4.1.1.1 *Ubicación geográfica*

El municipio de El Puente, se encuentra ubicado en el departamento de Tarija, pertenece a la segunda sección de la provincia Eustaquio Méndez, limita al norte y al oeste con la provincia Sud Cinti del departamento de Chuquisaca, al sur con las provincias José María Avilés y Cercado del departamento de Tarija y al este con el municipio de San Lorenzo.

**Figura 4**

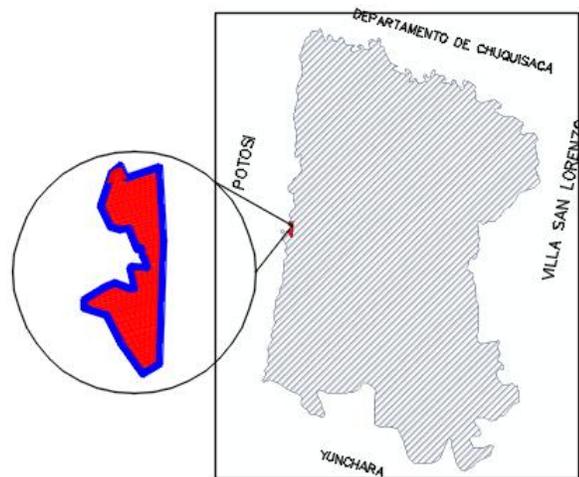
*Ubicación Geográfica Departamento de Tarija.*



*Nota:* Adaptado del plano de Planimetría de la comunidad, proporcionada por el Gobierno Autónomo Municipal El Puente. GAMEP.

**Figura 5***Ubicación Geográfica Municipio El Puente*

*Nota:* Adaptado del plano de Planimetría de la comunidad, proporcionada por el Gobierno Autónomo Municipal El Puente. GAMEP.

**Figura 6***Ubicación Geográfica Comunidad El Puente*

*Nota:* Adaptado del plano de Planimetría de la comunidad, proporcionada por el Gobierno Autónomo Municipal El Puente. GAMEP.

**Tabla 6**

*Información geográfica de las comunidades municipio El Puente*

<b>DISTRITO</b>	<b>Nro.</b>	<b>COMUNIDAD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>ALTURA M.S.N.M</b>
<b>EL PUENTE</b>	1	EL PUENTE	21°13'52,36"	65°12'20,36"	2337
	2	IRCALAYA	21°11'26,70"	65°12'1,94"	2324
	3	SEPTAPAS	21°15'11,40"	65°12'27,86"	2343
	4	MONTE CHICO	21°16'27,39"	65°12'37,74"	2364
	5	CHAUPIUNO	21°16'50,54"	65°08'56,94"	2670
	6	CHINCHILLA	21°11'49,20"	65°08'52,92"	2452

*Nota:* Adaptado de Plan Territorial de Desarrollo Integral para vivir bien Municipio de El Puente 2021-2025.

#### **4.1.1.2 Aspectos físico-naturales**

La topografía de la zona es ondulada en su mayoría con pendientes que se encuentran en el 4% siendo la parte intermedia en relación al municipio, tomando en cuenta que por Iscayachi se evidencia pendientes menores a diferencia de Paicho y Tomayapo donde se puede observar que llegan hasta un 10 %.

La zona del Río San Juan del Oro tiene una temperatura media anual de 17.1 °C llegando a una máxima media de 28.2 °C y una temperatura mínima media de 6.1 °C, presenta una precipitación anual de 254.9mm, de acuerdo a las estaciones de Tomayapo y Campanario.

Según los datos de precipitación registrados de la estación El Puente:

**Tabla 7**

*Precipitación media anual [mm]*

<b>MES</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEPT</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
P[mm]	78.22	63.12	47.69	9.38	1.19	0.00	0.82	0.58	5.57	14.70	29.70	45.93

Obteniendo una precipitación media anual de 296.93 mm, correspondiente al periodo 2004-2023, según datos obtenidos de la estación El Puente, ubicado en la provincia

Méndez en el municipio de Tomayapo. Latitud -21.25, longitud -65.2 y altitud 2345 msnm.

#### **4.1.1.3 Flora y Fauna**

Varias especies de plantas silvestres e introducidas son utilizadas para medicina, forraje, construcción, muebles, entre otros.

Las especies que representan la flora en este territorio son:

Manzanilla, Toronjil, Menta, Paico, Quilquiña, Ruda, Alcachofa, Llantén, Borraja, Taice, Kimpi, Wira-Wira, Rosa, Sauce, Airampu, Kepu, Quenchamal, Churqui, Cardones, Cardón verde, Tuna, Palqui, Charcoma.

En su mayoría son medicinales y otras para forraje de animales.

Las especies que representan la fauna en este territorio son:

Perdiz, Zorro, Vizcaha, Lagartijas, Liebre, lechuza, picaflor, abejas y puma.

#### **4.1.1.4 Aspecto económico y productivo**

En la comunidad de El Puente se produce principalmente: cebolla, zanahoria y papa, llegando a abastecer mercados a nivel nacional, como son los de Santa Cruz, Potosí, Tarija entre otros.

Otro sustento es el movimiento económico que resulta del comercio, comprendiendo negocios principalmente de comida, ferreterías y servicios mecánicos al tener la carretera principal que conecta a Tarija con el departamento de Potosí.

De acuerdo al Plan Territorial de Desarrollo Integral PTDI se tiene como potencialidades que ofrece el territorio.

**Tabla 8***Economía y productividad del Municipio El Puente*

Nro	USO ACTUAL DEL SUELO		POTENCIAL PRODUCTIVO		% De potencial aprovechable
	Descripción	Área (km <sup>2</sup> )	Descripción	Área (km <sup>2</sup> )	
1	Productivo Agropecuario y Extractivo minero: Cultivos alimenticios por sectores, Pastoreo directo combustibles fósiles.	87.38	AGROPECUARIO	1124.39	7.77%
	Productivo: Alimenticios de consumo, subsistencia y mercado local		CULTIVOS AGRÍCOLAS CULTIVOS AGRÍCOLAS MERCADO LOCAL		
2	Productivo Agropecuario, Extractivo Forestal: Pastoreo, ramoneo, cultivos alimenticios en algunos sectores, Extracción de Leña en parte.	117.25	PASTOREO EXTENSIVO	580.73	20.19%
3	Productivo: Mixto (consumo industrial).	3.3	CULTIVOS INDUSTRIALES Y DE CONSUMO	5.44	60.74%

*Nota:* Adaptado del Plan Territorial de Desarrollo Integral para vivir bien del Municipio de El Puente 2021-2025.

#### 4.1.2 Determinación de la muestra:

Para determinar la muestra con la que se trabaja lo primero que se realiza es la ubicación del universo de trabajo, en este caso el municipio de El Puente, que cuenta con 316 viviendas que son tomadas en cuenta como universo de acuerdo a las viviendas beneficiadas con el servicio de recolección de residuos sólidos actualmente. (Mayor detalle se encuentra en el Anexo 1.)

La fórmula usada para el cálculo de la muestra es:

$$n = \frac{V^2}{\left(\frac{E}{1.671}\right)^2 + \frac{V^2}{N}}$$

Donde:

n = número de viviendas a ser muestreadas.

V= Desviación estándar [ gr/hab./día]

E= Error permisible [gr/hab./día]

N= Número de viviendas que se asume como universo.

#### Tabla 9

*Resumen del cálculo para número de viviendas a ser muestreadas*

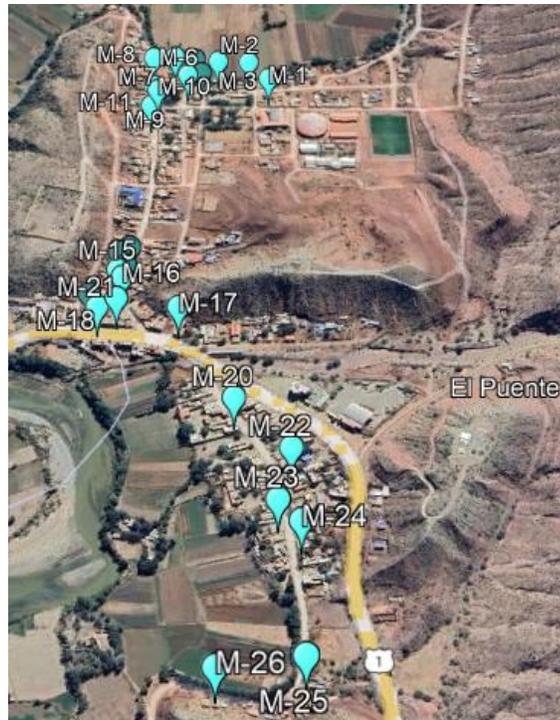
Municipio	Número de viviendas(N)	Des. Estándar gr/hab./día(V)	Error Permisible (E) gr/hab./día	Constante	Número de muestras Viviendas (n)
El Puente	316	150	50	1.671	23.28

Nota: La cantidad de viviendas como resultado de la muestra se redondea a 23 y por seguridad del estudio se toma en cuenta un rango de + 3 viviendas, siendo un total de 26 viviendas, que fueron distribuidas.

Una vez determinada la cantidad de viviendas, se procede a identificar las mismas de acuerdo a ubicación en la imagen satelital, con el objeto de tener una mayor cantidad de cobertura en la zona.

### Figura 7

#### *Viviendas a ser muestreadas*



*Nota:* Adaptado de Google Earth

#### 4.1.3 Procesamiento de datos:

El procesamiento de la información se realizó mediante:

El software de imagen satelital, Google Earth para la identificación del lugar y la ubicación correspondiente de domicilios participantes del estudio.

Con la ayuda de planillas electrónicas (Excel) se realizaron los cálculos y la obtención de resultados del tamaño de muestra, el procesamiento de la encuesta en la que se trabajó con gráficos de acuerdo a los porcentajes resultantes de la misma, posteriormente el cálculo del promedio de cada familia para la aplicación de la ley estadística de Dixon y así obtener la producción per cápita, mediante el uso de esta

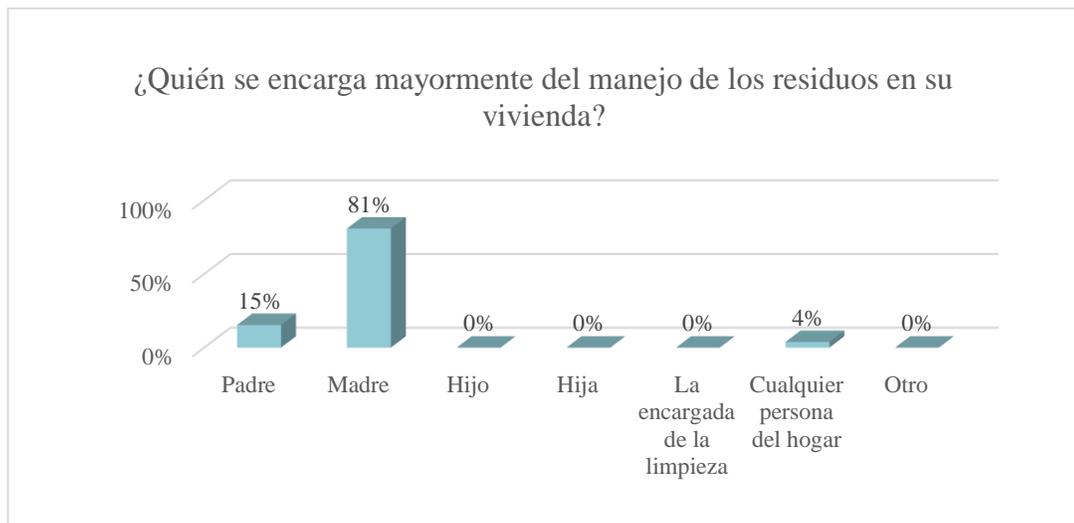
herramienta, también fueron calculadas las propiedades físicas de peso volumétrico y los porcentajes de la composición según características físicas, aplicando fórmulas correspondientes.

Aplicando el software Autocad se realizó el trazado de rutas como parte de la planificación de mejora en el servicio de aseo urbano como respuesta a la inquietud de las familias que tienen este servicio.

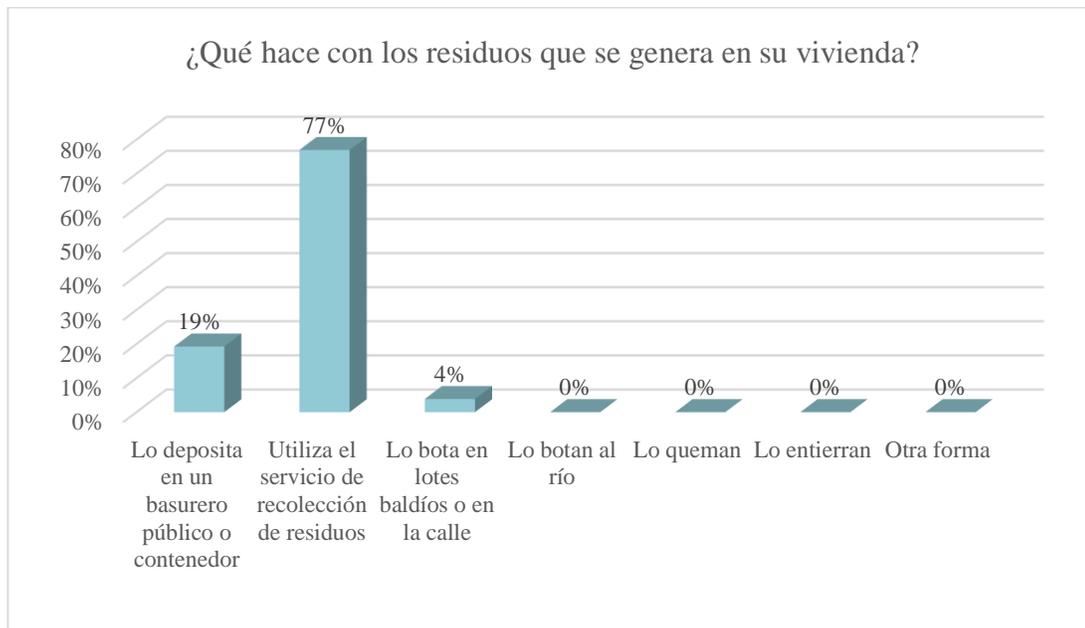
#### 4.1.3.1 Encuesta realizada

##### Figura 8

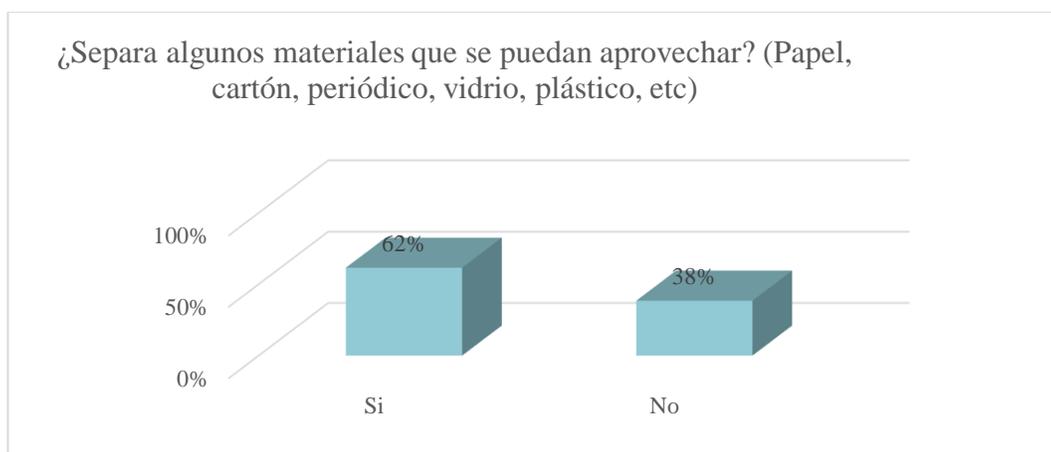
*Pregunta 1:*



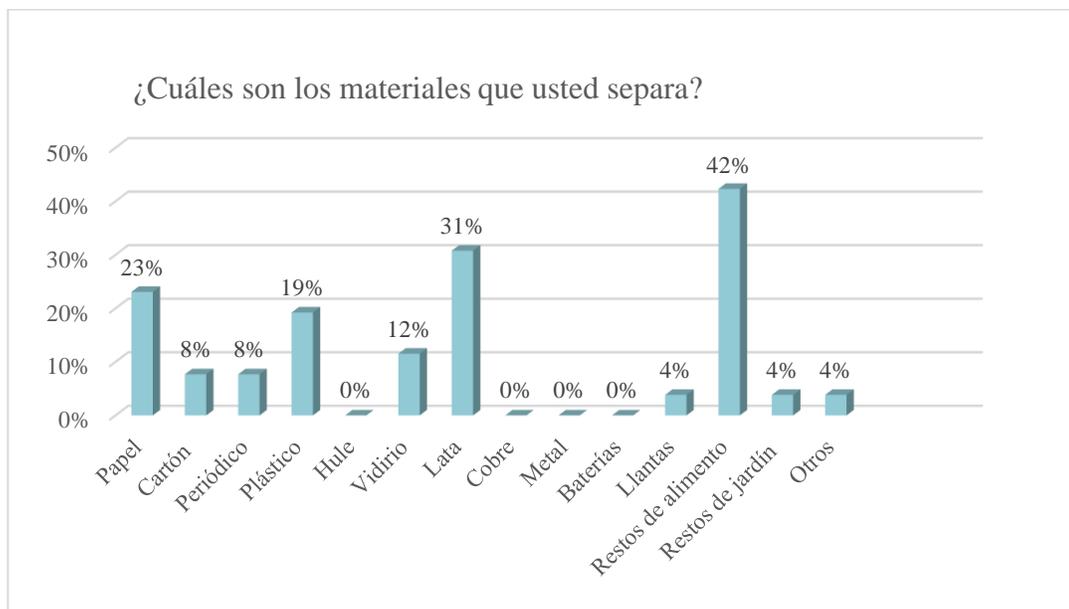
Los resultados muestran que las madres son las que generalmente se encargan de los residuos sólidos en los hogares.

**Figura 9***Pregunta 2:*

La mayor parte de la población encuestada usa el servicio de recolección de residuos sólidos.

**Figura 10***Pregunta 3:*

Se puede evidenciar que más del 50% de la población ya realizan una separación en la fuente de generación, que en este caso son domicilios.

**Figura 11***Pregunta 4:*

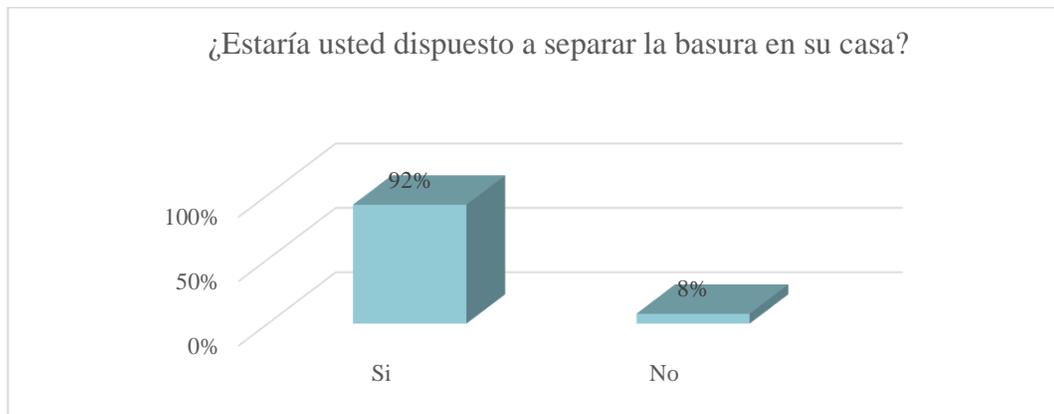
Los residuos que mayormente selecciona la población son restos de alimento, lata, papel y plástico.

**Figura 12***Pregunta 5:*

Un factor que desanima a la población a separar los residuos en la fuente es que no existe una recolección diferenciada.

**Figura 13**

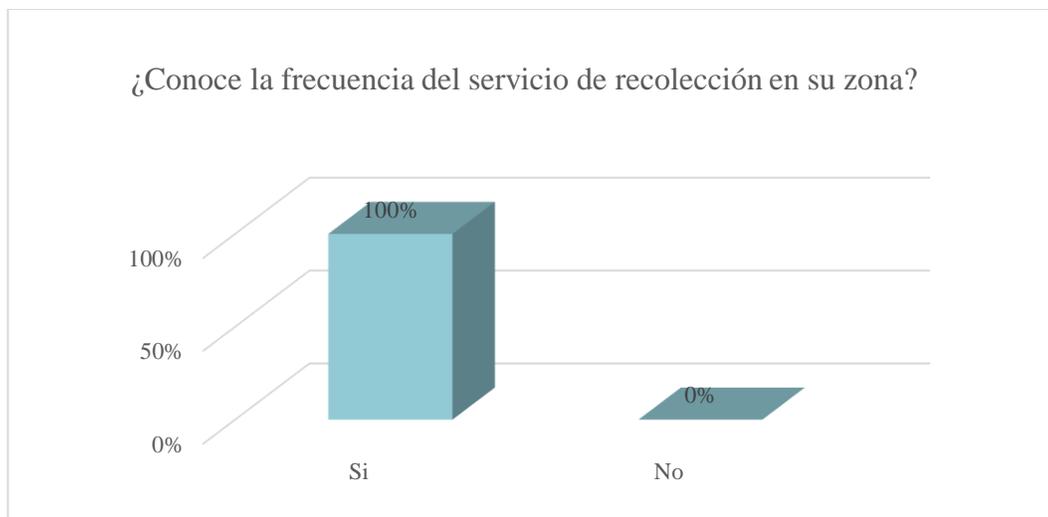
*Pregunta 6:*



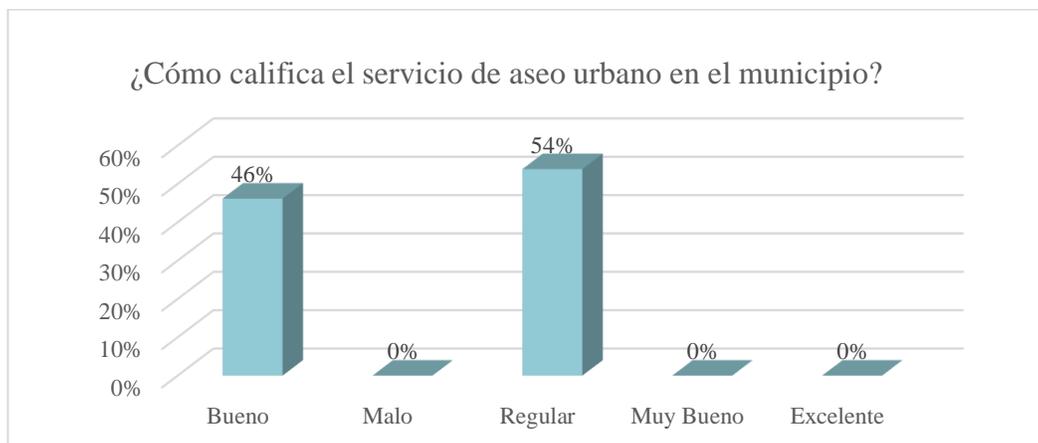
Este resultado muestra que hay mucha predisposición de separar en la fuente de generación.

**Figura 14**

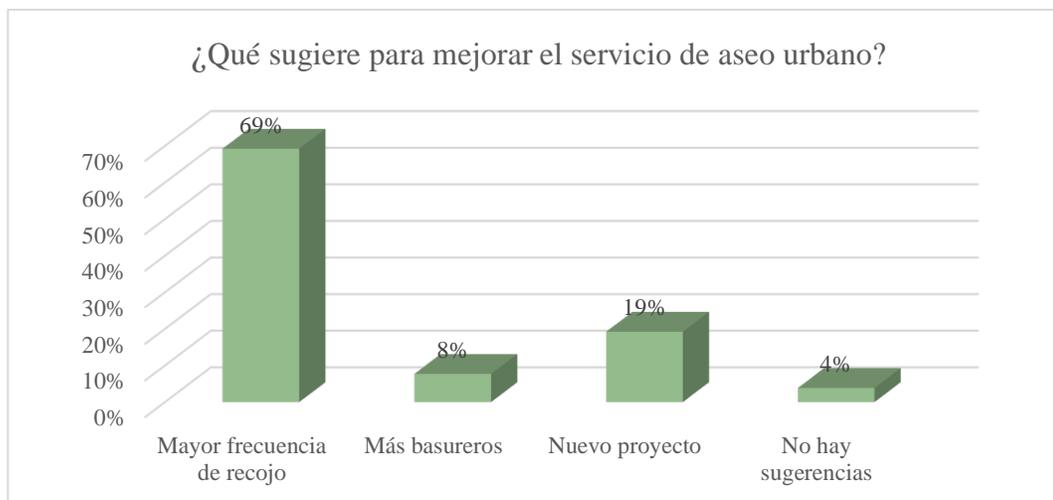
*Pregunta 7:*



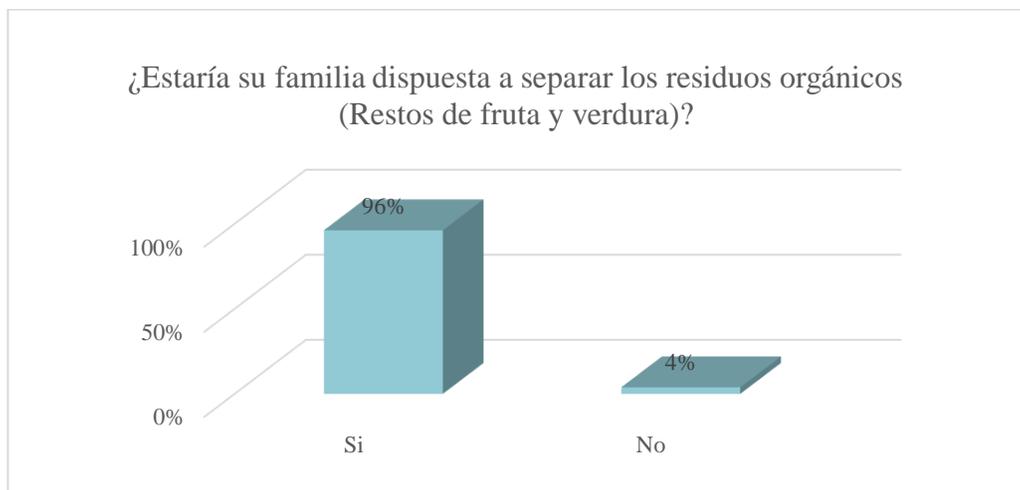
Todas las personas que fueron encuestadas tienen el conocimiento de la frecuencia de recojo de residuos sólidos, que es un día a la semana, los viernes.

**Figura 15***Pregunta 8:*

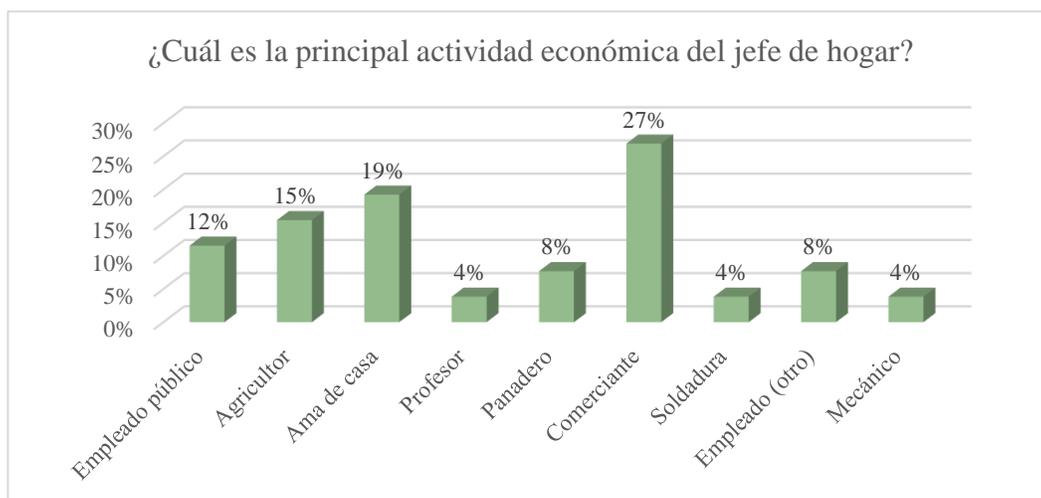
El servicio de aseo urbano resulta útil, sin embargo, la mayoría de la población parece no estar conforme con el mismo.

**Figura 16***Pregunta 9:*

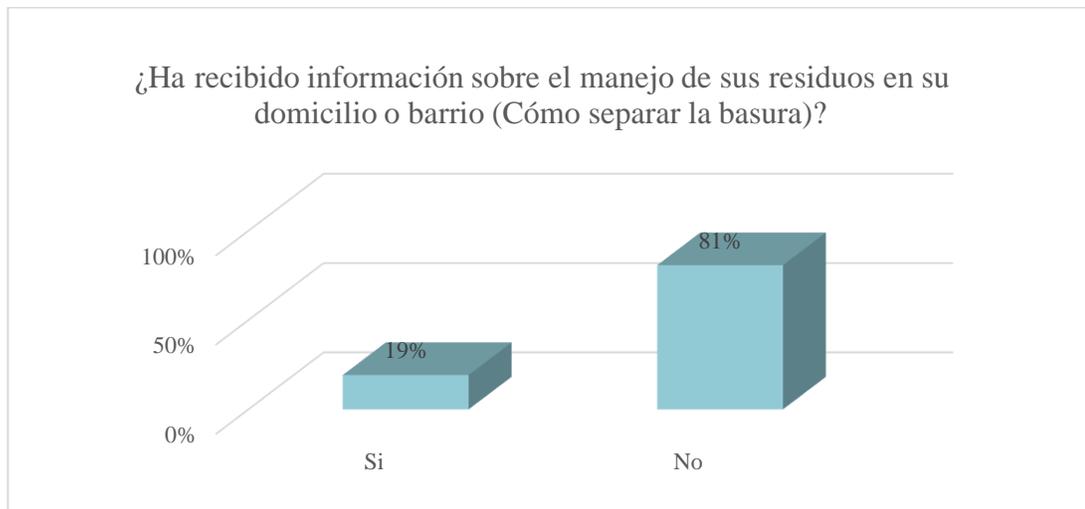
A la gran mayoría de población le resulta necesaria una mayor frecuencia de recojo de residuos sólidos.

**Figura 17***Pregunta 10:*

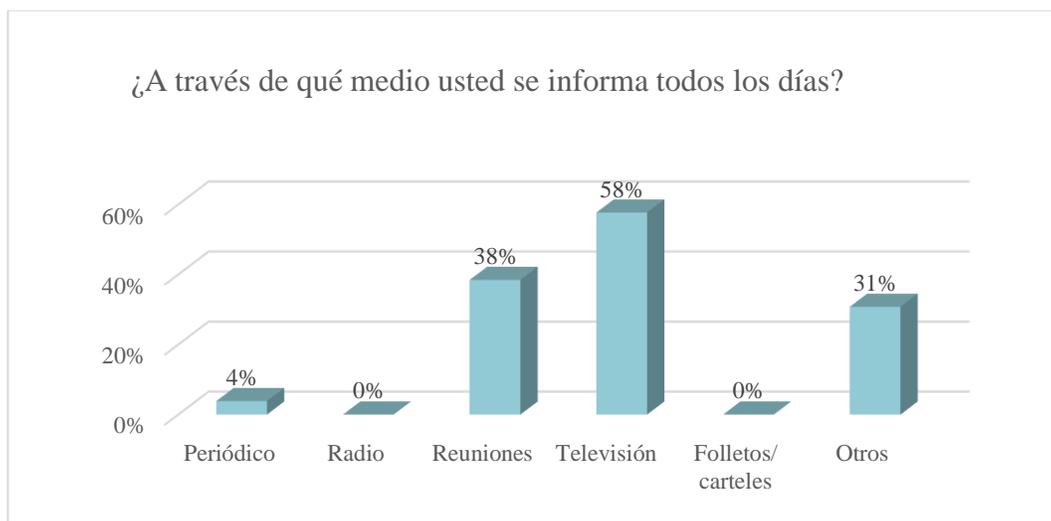
Si se fomenta una recolección diferenciada, la población puede realizarla con mucha disposición.

**Figura 18***Pregunta 11:*

Las personas a cargo de los hogares generalmente se dedican al comercio, son amas de casa y agricultores.

**Figura 19***Pregunta 12:*

Con una formación adecuada se puede mejorar el manejo de residuos sólidos en esta localidad.

**Figura 20***Pregunta 13:*

La mayor parte de la población se informa mediante televisión y reuniones.

#### 4.1.4 Determinación de la producción per-cápita de residuos sólidos municipales.

**Tabla 10**

*Cronograma de levantamiento de datos para el estudio de caracterización*

Actividades	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Capacitación					
Identificación de muestras					
Encuesta					
Recojo de muestras					
Pesaje de muestras					
Toma y registros de datos (peso volumétrico)					
Clasificación de residuos (productos y sub productos)					
Disposición final de residuos sólidos					

#### **Día 1 del estudio: lunes 19 de junio de 2023:**

El estudio comenzó en horas de la mañana con una capacitación por parte del encargado de la empresa consultora AGUATUYA, a las personas del equipo con el que se trabajó, conformado por: el encargado del área de medio ambiente del Gobierno Autónomo Municipal de El Puente GAMEP, un funcionario de la misma área, mi persona y un joven del lugar.

Posteriormente salimos a los domicilios, considerando las limitaciones mencionadas se tomaron en cuenta para el estudio, tiendas y otros negocios para asegurar que se pueda llevar a cabo la obtención de datos de campo.

**Figura 21**

*Realizado de encuesta a la población.*



Se inició con la sensibilización a la población participante, dándoles a conocer cómo sería el estudio, fue de manera voluntaria, al llegar a cada domicilio se preguntó si querían ser parte del mismo, aplicando una encuesta para conocer su realidad, donde se identificaba el número de habitantes, si tenían conocimiento a cerca del manejo adecuado de residuos sólidos, su disposición de aplicación de la separación en la fuente de producción, que en este caso son los propios domicilios y se les dejó una bolsa de polietileno que tendría que ser llenada para el día siguiente con los residuos sólidos correspondientes.

Se procedió a marcar con pintura en aerosol roja el número de muestra.

**Figura 22**

*Marcado de vivienda participante*



Es importante la identificación con alguna marca en las viviendas que han sido elegidas para la realización del estudio, asegurando la confiabilidad de los datos obtenidos, reduciendo los errores y evitando confusiones de viviendas.

Se dejaron las indicaciones a las personas jefes de hogar para evitar que el estudio pierda objetividad:

- Depositar los residuos sólidos en la bolsa que le será otorgada cada día.
- Entregar la bolsa con los residuos acumulados, evitando otro tipo de disposición final o manejo como incineración, colocado en los basureros públicos (plaza) y entrega al carro basurero.

### **Día 2 Procedimiento martes 20 de junio de 2023:**

El trabajo empezó aproximadamente a las 8 de la mañana, se recorrió siguiendo el orden de acuerdo al número de muestra colocado el día anterior, recogiendo la bolsa llena de residuos sólidos y entregando una nueva para el siguiente día, posteriormente fue registrado su peso, medido con una romana digital con capacidad de 50 kg. en el formulario correspondiente y era colocada en el vehículo que fue prestado por la alcaldía, se realizó esto con cada uno de los domicilios que estaban siendo parte del estudio.

### **Figura 23**

*Recojo de muestras*



**Figura 24**

*Pesado de muestras*



Recolección de residuos sólidos de las viviendas participantes y entrega de la bolsa correspondiente para el siguiente día.

**4.1.5 Determinación de propiedades físicas: peso volumétrico.**

Después de haber recogido todas las muestras, fueron llevadas a un espacio que contaba con la característica de ser semi cerrado, con techo de calamina, pared de ladrillo y piso de cemento, se colocó una carpa plástica, se procedió a homogenizar con ayuda de una pala.

**Figura 25**

*Preparación para el cuarteo de muestra*



Se tomaron las medidas necesarias del recipiente (turril) para saber el volumen del mismo; su diámetro, altura y también el peso de este, debido a que funciona como tara para los residuos sólidos.

Se realizó el cuarteo de los residuos sólidos, con ayuda de una pala se procedió a introducir los residuos sólidos al turril hasta llenarlo, cuidando de evitar ejercer algún tipo de presión, una vez lleno, se alzó y se dejó caer el turril desde una altura aproximada de 10 cm, simulando una compactación de los residuos que fueron introducidos y se obtuvo los datos de altura libre, que es la altura desde el nivel al que quedaron los residuos sólidos después de la compactación simulada, hasta el borde superior del turril y el peso estando lleno, que permite calcular el volumen y peso neto de los residuos sólidos, que posteriormente son usados para calcular el peso volumétrico de los mismos.

**Figura 26**

*Obtención de datos para cálculo de peso volumétrico*



#### **4.1.6 Determinación de propiedades físicas: composición.**

Después de realizar las mediciones para el cálculo del peso volumétrico, se vaciaba en un extremo de la carpa plástica, al concluir las mediciones, eran separados de acuerdo a los productos que se tenía en el formulario de registro, (Anexo2) teniendo cuidado en la separación de subproductos, para esto se usaron bolsas de plástico que al finalizar la separación fueron pesadas y registradas, con el fin de determinar el porcentaje de cada sub producto.

**Figura 27**

*Clasificación de los residuos sólidos según subproducto.*



**Figura 28**

*Registro del peso de la muestra según sub producto*



Una vez concluidas las mediciones los residuos eran llevados al lugar, donde actualmente funciona como sitio de disposición final, en el que fueron incinerados.

Este procedimiento se ha seguido los días martes 20, miércoles 21, jueves 22 y viernes 23, como se tiene registrado en el cronograma de actividades.

Al finalizar el estudio, teniendo todos los datos registrados, considerando la cantidad de habitantes, se procedió a obtener el promedio de las mediciones para cada muestra, para la determinación de la producción per cápita de residuos sólidos.

Es importante aclarar que el día de recolección de residuos sólidos en esa localidad es el día viernes, que ha sido tomado en cuenta como “día de descarte” el viernes 16 de junio, para la generación de residuos correspondiente a los días sábado 17, domingo 18 y lunes 19, se trabajó con un promedio de los cuatro días de registro, mismos que fueron alterados en un 5 a 10% para obtener los datos de tres días, para completar los siete días de registro que se presentan en las planillas que corresponden a los cálculos, se respetó el porcentaje calculado con los promedios iniciales para que este artificio sólo sirva de complemento en el trabajo, considerando que dentro de la normativa el estudio tiene una duración de ocho días y por razones de logística, se trabajó en campo sólo cinco días, cabe mencionar que los fines de semana varios habitantes aprovechan para

viajar, esto como respaldo del criterio de trabajo asumido para el complemento de datos mencionado.

Posteriormente, se aplicó el método estadístico de Dixon, considerando la fórmula adecuada inicialmente para un tamaño de muestra igual a 26 y posteriormente para 25, con la finalidad de descartar valores extremos y se obtenga un valor promedio más confiable.

Se trabajó con un solo estrato de población por el número de habitantes.

Se consideró la producción domiciliaria porque es la mayor fuente de generación y de acuerdo a bibliografía para este tipo de casos se puede estimar con un factor de cálculo que fluctúa entre el 20 y el 30 % <sup>60</sup> que fue tomado según bibliografía de 20% por ser ciudad pequeña para las otras fuentes (RSND) que serían instituciones públicas, unidades educativas y feria para considerar el total de los residuos sólidos municipales que es el resultado de la suma de la producción per cápita de los residuos sólidos domiciliarios y las otras fuentes, consideradas con el producto del factor mencionado y el resultado de la generación domiciliaria.

## **4.2 CÁLCULOS REALIZADOS**

### **4.2.1 Cálculo de producción per cápita de los residuos sólidos**

#### **a) Registro de datos**

Muestra 1

Peso Día 1: 0.702 kg

Peso Día 2: 1.150 kg

Peso Día 3: 1.287 kg

Peso Día 4: 2.000 kg

Peso Día 5: 0.930 kg

---

<sup>60</sup> Guía para el diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de rellenos sanitario. MMAyA (2012)

Peso Día 6: 0.580 kg

Peso Día 7: 1.170 kg

Número de habitantes M-1: 3

**b) Calcular el total del peso de la muestra.**

$$P_{M-1} = 0.70 + 1.15 + 1.29 + 2.00 + 0.93 + 0.58 + 1.17 = 7.82 \text{ kg}$$

**c) Cálculo de la Generación Per-Cápita por muestra**

Total, calculado: 7.819 kg

Número de habitantes de la muestra: 3

Nota: Para el cálculo se necesita multiplicar por el número de días: 7

Total, de habitantes de M-1: 3

$$\text{PPC}_{M-1} = \frac{7.82}{3 \times 7} = 0.372 \frac{\text{kg}}{\text{hab}} / \text{día}$$

Este proceso se realiza con todas las muestras.

**Tabla 11***Registro de datos de las muestras*

<b>PESO DÍA 1 EN kg</b>	<b>PESO DÍA 2 EN kg</b>	<b>PESO DÍA 3 EN kg</b>	<b>PESO DÍA 4 EN kg</b>	<b>PESO DÍA 5 EN kg</b>	<b>PESO DÍA 6 EN kg</b>	<b>PESO DÍA 7 EN kg</b>	<b>PESO TOTAL EN kg</b>	<b>Nro. HAB. POR FLIA.</b>	<b>PPC. DOM</b>
0.702	1.150	1.287	2.000	0.930	0.580	1.170	7.819	3	0.372
0.328	0.585	0.601	0.065	0.045	1.530	0.547	3.701	4	0.132
2.511	4.478	4.604	6.065	4.185	2.305	4.185	28.333	3	1.349
0.506	0.902	0.928	0.210	2.030	0.290	0.843	5.709	4	0.204
1.339	2.388	2.455	1.800	4.230	0.665	2.232	15.109	8	0.270
0.447	-	0.820	0.880	0.940	0.550	0.790	4.427	1	0.632
0.933	1.664	1.711	0.350	3.790	3.440	2.527	14.415	5	0.412
-	1.730	1.778	2.710	0.530	1.610	1.617	9.975	3	0.475
0.200	-	0.366	0.285	0.200	0.465	0.317	1.833	1	0.262
1.412	2.518	2.589	1.600	2.240	3.220	2.353	15.932	4	0.569
0.675	1.204	1.238	1.060	0.715	1.600	1.125	7.617	4	0.272
0.708	-	1.299	0.910	0.535	1.826	1.090	6.368	3	0.303
0.516	0.920	0.946	1.235	1.520	0.400	1.052	6.589	5	0.188
0.285	0.508	0.523	0.385	0.805	0.235	0.475	3.216	3	0.153
1.318	2.350	2.416	4.265	1.045	1.280	2.197	14.871	3	0.708
0.775	1.382	1.421	1.560	1.705	1.590	1.618	10.051	4	0.359

<b>PESO DÍA</b> <b>1 EN kg</b>	<b>PESO DÍA</b> <b>2 EN kg</b>	<b>PESO DÍA</b> <b>3 EN kg</b>	<b>PESO DÍA 4</b> <b>EN kg</b>	<b>PESO DÍA</b> <b>5 EN kg</b>	<b>PESO DÍA</b> <b>6 EN kg</b>	<b>PESO DÍA</b> <b>7 EN kg</b>	<b>PESO</b> <b>TOTAL</b> <b>EN kg</b>	<b>Nro.</b> <b>HAB.</b> <b>POR</b> <b>FLIA.</b>	<b>PPC.</b> <b>DOM</b>
1.149	2.049	2.107	1.590	1.075	2.770	1.812	12.552	3	0.598
0.943	1.682	1.729	1.980	2.205	0.530	1.572	10.641	5	0.304
0.449	0.801	0.823	0.560	1.000	0.685	0.748	5.066	5	0.145
0.759	1.354	1.392	1.495	0.945	1.355	1.265	8.565	5	0.245
0.462	0.824	0.847	0.810	0.730	-	0.770	4.443	4	0.159
0.264	0.471	0.484	0.110	0.910	0.300	0.440	2.979	3	0.142
1.045	1.864	1.916	1.455	2.295	1.475	1.742	11.792	5	0.337
1.182	2.108	2.167	0.650	-	3.290	1.970	11.367	4	0.406
0.429	0.765	0.787	-	1.170	0.260	0.715	4.126	4	0.147
0.817	1.457	1.498	0.440	2.570	1.075	1.362	9.219	4	0.329

## d) Prueba estadística de Dixon

Tabla 12

*Evaluación 1*

<b>Xi</b>	<b>PPC PROMEDIO</b>	<b>ORDENADO</b>
1	0.37	0.13
2	0.13	0.14
3	1.35	0.14
4	0.20	0.15
5	0.27	0.15
6	0.63	0.16
7	0.41	0.19
8	0.48	0.20
9	0.26	0.24
10	0.57	0.26
11	0.27	0.27
12	0.30	0.27
13	0.19	0.30
14	0.15	0.30
15	0.71	0.33
16	0.36	0.34
17	0.60	0.36
18	0.30	0.37
19	0.14	0.41
20	0.25	0.41
21	0.16	0.47
22	0.14	0.57
23	0.34	0.60
24	0.41	0.63
25	0.15	0.71
26	0.33	1.35

**Número de muestras:  $n = 26.00$**

**Primer valor menor:  $X_1 = 0.13$**

**Segundo valor menor:  $X_2 = 0.14$**

**Primer valor máximo:  $X_n = 1.35$**

**Segundo valor máximo:  $X_{n-1} = 0.71$**

Valor calculado de acuerdo al tamaño de la muestra:

$$R_c = 2.2795 + 0.025012n - 0.00018427n^2 + 4.61106 \times 10^{-7}n^3$$

$R_c = 2.81$

Nota: La ecuación es de acuerdo al tamaño de la muestra.

Valor promedio de la muestra:  $\bar{X} = 0.36$

Desviación Estándar de la muestra:  $S_x = 0.26$

Rangos de prueba:

$$R_{\text{mayor}} = \frac{X_n - \bar{X}}{S_x}$$

$$R_{\text{mayor}} = \frac{0.71 - 0.36}{0.26} = 3.81$$

$$R_{\text{menor}} = \frac{\bar{X} - X_1}{S_x}$$

$$R_{\text{menor}} = \frac{0.36 - 0.13}{0.26} = 0.90$$

El valor  $R_{\text{mayor}}$  es 3.81 y el valor polinomial crítico  $R_c$  es 2.81, de acuerdo al método, el valor extremo mayor se elimina, en esta serie el valor eliminado es  $X_n = 1.35$ .

Los valores  $R_{\text{mayor}}$  y  $R_{\text{menor}}$  deben ser menores que el valor crítico calculado, caso contrario se descarta el promedio de la muestra, hasta que ambos valores sean menores que el valor del polinomio  $R_c$  calculado según el tamaño de la muestra.

**Tabla 13***Evaluación 2*

<b>Xi</b>	<b>PPC PROMEDIO</b>	<b>ORDENADO</b>
1	0.37	0.13
2	0.13	0.14
3	0.20	0.14
4	0.27	0.15
5	0.63	0.15
6	0.41	0.16
7	0.48	0.19
8	0.26	0.20
9	0.57	0.24
10	0.27	0.26
11	0.30	0.27
12	0.19	0.27
13	0.15	0.30
14	0.71	0.30
15	0.36	0.33
16	0.60	0.34
17	0.30	0.36
18	0.14	0.37
19	0.25	0.41
20	0.16	0.41
21	0.14	0.47
22	0.34	0.57
23	0.41	0.60
24	0.15	0.63
25	0.33	0.71

**Número de muestras:  $n = 25$**

**Primer valor menor:  $X_1 = 0.13$**

**Segundo valor menor:  $X_2 = 0.14$**

**Tercer valor menor  $X_3 = 0.145$**

**Primer valor máximo:  $X_n = 0.708$**

**Segundo valor máximo:  $X_{n-1} = 0.632$**

Tercer valor mínimo:  $X_{n-2} = 0.598$

Valor calculado de acuerdo al tamaño de la muestra:

$$R_c = 0.9975 - 0.04268n + 0.000764n^2$$

$R_c = 0.408$

Nota: La ecuación es de acuerdo al tamaño de la muestra.

Valor promedio de la muestra:  $\bar{X} = 0.325$

Desviación Estándar de la muestra:  $S_x = 0.166$

Rangos de prueba:

$$R_{\text{mayor}} = \frac{X_n - X_{n-2}}{X_n - X_3}$$

$$R_{\text{mayor}} = \frac{0.708 - 0.598}{0.708 - 0.145} = 0.196$$

$$R_{\text{menor}} = \frac{X_3 - X_1}{X_{n-2} - X_1}$$

$$R_{\text{menor}} = \frac{0.145 - 0.132}{0.598 - 0.132} = 0.027$$

El valor  $R_{\text{mayor}}$  es 0.196 y el valor polinomial crítico  $R_c$  es 0.408, lo que indica que el promedio de esta muestra es aceptado como Producción Per-Cápita de Residuos Sólidos Domiciliarios.

$$\bar{X} = \text{PPC}_{\text{domiciliaria}} = 0.325 \frac{\text{kg}}{\text{habitante-día}}$$

**Cálculo de Producción Per-Cápita no domiciliaria**

$$\text{PPC}_{\text{no domiciliaria}} = \text{PPC}_{\text{domiciliaria}} \times 20\%$$

$$\text{PPC}_{\text{no domiciliaria}} = 0.325 \times 0.20 = 0.065 \frac{\text{kg}}{\text{habitante-día}}$$

### Cálculo de Producción Per-Cápita Municipal

$$PPC_{\text{Municipal}} = PPC_{\text{domiciliaria}} + PPC_{\text{no domiciliaria}}$$

$$PPC_{\text{Municipal}} = 0.325 + 0.065 = 0.390 \frac{\text{kg}}{\text{habitante-día}}$$

#### 4.2.2 Proyección de residuos sólidos

La población inicial es de 890 habitantes de la comunidad de El Puente para el año 2012, de acuerdo al Instituto, Nacional de Estadística INE.<sup>61</sup>

##### a) Proyección de la Producción Per-Cápita Municipal

Método Aritmético:

$$PPC_f = PPC_o \left( 1 + \frac{i \cdot t}{100} \right)$$

Donde:

PPC<sub>f</sub>: Producción Per-Cápita proyectada [kg/habitante-día]

PPC<sub>o</sub>: Producción Per-Cápita base [kg/habitante-día]

i=r: Tasa de crecimiento [%] (Asumir la misma usada para población; 0.6%)<sup>62</sup>

t: Tiempo en años entre PPC<sub>o</sub> y PPC<sub>f</sub>.

$$PPC_f = 0.390 \left( 1 + \frac{0.6 \times 1}{100} \right) = 0.392 \frac{\text{kg}}{\text{habitante-día}}$$

<sup>61</sup> Plan Territorial de Desarrollo Integral Para el Vivir Bien

<sup>62</sup> Guía de Diseño de Servicio de Aseo Urbano (2018)

**Tabla 14***Proyección de residuos sólidos*

<b>Xi</b>	<b>Año</b>	<b>Habitantes</b>	<b>PPC Domiciliaria</b>	<b>PPC No Domiciliaria</b>	<b>PPC Municipal</b>
0	2023	949	0.325	0.065	0.390
1	2024	954	0.327	0.065	0.392
2	2025	960	0.329	0.066	0.395
3	2026	966	0.331	0.066	0.397
4	2027	972	0.333	0.067	0.399
5	2028	977	0.335	0.067	0.402
6	2029	983	0.337	0.067	0.404
7	2030	989	0.339	0.068	0.406
8	2031	994	0.341	0.068	0.409
9	2032	1000	0.343	0.069	0.411
10	2033	1006	0.345	0.069	0.413
11	2034	1011	0.346	0.069	0.416
12	2035	1017	0.348	0.070	0.418
13	2036	1023	0.350	0.070	0.420
14	2037	1028	0.352	0.070	0.423
15	2038	1034	0.354	0.071	0.425
16	2039	1040	0.356	0.071	0.427
17	2040	1046	0.358	0.072	0.430
18	2041	1051	0.360	0.072	0.432
19	2042	1057	0.362	0.072	0.434
20	2043	1063	0.364	0.073	0.437

### 4.2.3 Cálculo del peso volumétrico de residuos sólidos.

Datos:

Peso de turril = 11.32 kg.

Diámetro del turril = 0.58 m.

Altura del cilindro = 0.80 m.

Cálculo del área del cilindro:

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times 0.58^2 = \mathbf{0.26 \text{ m}^2}$$

**Día 1:**

Peso [kg]	23.74	22.88	25.68
Altura libre [m]	0.15	0.17	0.14

Descuento de tara:

Peso neto = Peso - Peso del cilindro

Peso neto(1) = 23.74 - 11.32 = 12.42 kg

Peso neto(2) = 22.88 - 11.32 = 11.56 kg

Peso neto(3) = 25.68 - 11.32 = 14.36 kg

Altura Neta de Residuos Sólidos

Altura de residuos sólidos = Altura del cilindro - Altura libre

Altura de residuos sólidos (1) = 0.80 - 0.15 = 0.65m.

Altura de residuos sólidos (2) = 0.80 - 0.17 = 0.63m.

Altura de residuos sólidos (3) = 0.80 - 0.14 = 0.66m.

### Volumen de Residuos Sólidos

Volumen de residuos sólidos=Área del cilindro ×Altura de residuos sólidos

$$\text{Volumen de residuos sólidos (1)}=0.26 \times 0.65=0.17 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de residuos sólidos (2)}=0.26 \times 0.63=0.17 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de residuos sólidos (3)}=0.26 \times 0.66=0.17 \text{ m}^3$$

Peso volumétrico de los Residuos Sólidos:

$$\text{Peso volumétrico de residuos sólidos}=\frac{\text{Peso neto}}{\text{Volumen residuos sólidos}}$$

$$\text{Peso volumétrico de residuos sólidos (1)}=\frac{12.42}{0.17}=72.29 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso volumétrico de residuos sólidos (2)}=\frac{11.56}{0.17}=69.46 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso volumétrico de residuos sólidos (3)}=\frac{14.36}{0.17}=82.35 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Promedio}=\frac{72.29+69.46+82.35}{3}=74.70 \text{ kg/m}^3$$

**Tabla 15**

*Resumen de cálculo de peso volumétrico por día.*

Día 1	Peso [kg]	Altura libre [m]	Peso neto [kg]	Altura Neta [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Peso volumétrico [Kg/m <sup>3</sup> ]
1	23.74	0.15	12.42	0.65	0.17	72.29
2	22.88	0.17	11.56	0.63	0.17	69.46
3	25.68	0.14	14.36	0.66	0.17	82.35
Promedio					0.17	74.70

<b>Día 2</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Altura libre [m]</b>	<b>Peso neto [kg]</b>	<b>Altura Neta [m]</b>	<b>Volumen [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Peso volumétrico [Kg/m<sup>3</sup>]</b>
1	23.84	0.14	12.52	0.66	0.17	71.77
2	23.38	0.16	12.06	0.64	0.17	71.23
3	25.94	0.13	14.62	0.67	0.18	82.83
Promedio					0.17	75.28

<b>Día 3</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Altura libre [m]</b>	<b>Peso neto [kg]</b>	<b>Altura Neta [m]</b>	<b>Volumen [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Peso volumétrico [Kg/m<sup>3</sup>]</b>
1	23.15	0.13	11.83	0.67	0.18	66.45
2	23.17	0.15	11.85	0.65	0.17	69.30
3	25.49	0.12	14.17	0.68	0.18	78.55
Promedio					0.18	71.43

<b>Día 4</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Altura libre [m]</b>	<b>Peso neto [kg]</b>	<b>Altura Neta [m]</b>	<b>Volumen [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Peso volumétrico [Kg/m<sup>3</sup>]</b>
1	25.29	0.14	13.97	0.66	0.17	80.11
2	24.48	0.17	13.16	0.63	0.17	79.06
3	24.32	0.13	13.00	0.67	0.18	73.44
Promedio					0.17	77.54

<b>Día 5</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Altura libre [m]</b>	<b>Peso neto [kg]</b>	<b>Altura Neta [m]</b>	<b>Volumen [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Peso volumétrico [Kg/m<sup>3</sup>]</b>
1	22.25	0.12	10.93	0.68	0.18	60.84
2	22.75	0.16	11.43	0.64	0.17	67.60
3	23.15	0.15	11.83	0.65	0.17	68.89
Promedio					0.17	65.77

<b>Día 6</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Altura libre [m]</b>	<b>Peso neto [kg]</b>	<b>Altura Neta [m]</b>	<b>Volumen [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Peso volumétrico [Kg/m<sup>3</sup>]</b>
1	21.45	0.13	10.13	0.67	0.18	57.23
2	21.90	0.16	10.58	0.64	0.17	62.57
3	27.75	0.11	16.43	0.69	0.18	90.12
Promedio					0.18	69.97

<b>Día 7</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Altura libre [m]</b>	<b>Peso neto [kg]</b>	<b>Altura Neta [m]</b>	<b>Volumen [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Peso volumétrico [Kg/m<sup>3</sup>]</b>
1	23.95	0.14	12.63	0.66	0.17	72.43
2	22.40	0.16	11.08	0.64	0.17	65.53
3	26.30	0.15	14.98	0.65	0.17	87.23
Promedio					0.17	75.06

**Tabla 16***Peso volumétrico de residuos sólidos*

<b>Día</b>	<b>Peso volumétrico [Kg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Volumen [m<sup>3</sup>]</b>
1	74.70	0.17
2	75.28	0.17
3	71.43	0.18
4	77.54	0.17
5	65.77	0.17
6	69.97	0.18
7	75.06	0.17
<b>Promedio</b>	<b>72.82</b>	<b>0.17</b>

**4.2.4 Composición de residuos**

Composición por día:

Datos:

**Día 1:**

Peso total de residuos sólidos del día: 17.18kg.

Tipo de Residuo: Residuo orgánico

Sub clasificación de producto: Resto de fruta, verdura y similares

Peso del producto: 7.976 kg.

Porcentaje que representa:

$$\%_{\text{Restos de fruta, verdura y similares}} = \frac{\text{Peso del producto} \times 100}{\text{Peso total de residuos del día}}$$

$$\text{Restos de fruta, verdura y similares} = \frac{7.976 \times 100}{17.18} = 46.44\% \rightarrow 0.46$$

**Día 2:**

Peso total de residuos sólidos del día: 14.41 kg.

Tipo de Residuo: Residuo orgánico

Sub clasificación de producto: Resto de fruta, verdura y similares

Peso del producto: 6.89 kg.

Porcentaje que representa:

$$\%_{\text{Restos de fruta, verdura y similares}} = \frac{\text{Peso del producto} \times 100}{\text{Peso total de residuos del día}}$$

$$\text{Restos de fruta, verdura y similares} = \frac{6.89 \times 100}{14.41} = 47.78\% \rightarrow 0.48$$

**Día 3:**

Peso total de residuos sólidos del día: 13.77 kg.

Tipo de Residuo: Residuo orgánico

Sub clasificación de producto: Resto de fruta, verdura y similares

Peso del producto: 6.23 kg.

Porcentaje que representa:

$$\%_{\text{Restos de fruta, verdura y similares}} = \frac{\text{Peso del producto} \times 100}{\text{Peso total de residuos del día}}$$

$$\text{Restos de fruta, verdura y similares} = \frac{6.23 \times 100}{13.77} = 47.27\% \rightarrow 0.47$$

**Día 4:**

Peso total de residuos sólidos del día: 23.25 kg.

Tipo de Residuo: Residuo orgánico

Sub clasificación de producto: Resto de fruta, verdura y similares

Peso del producto: 10.44 kg.

Porcentaje que representa:

$$\%_{\text{Restos de fruta, verdura y similares}} = \frac{\text{Peso del producto} \times 100}{\text{Peso total de residuos del día}}$$

$$\text{Restos de fruta, verdura y similares} = \frac{10.44 \times 100}{23.25} = 44.91 \% \rightarrow 0.45$$

### **Día 5:**

Peso total de residuos sólidos del día: 15.68 kg.

Tipo de Residuo: Residuo orgánico

Sub clasificación de producto: Resto de fruta, verdura y similares

Peso del producto: 7.38 kg.

Porcentaje que representa:

$$\%_{\text{Restos de fruta, verdura y similares}} = \frac{\text{Peso del producto} \times 100}{\text{Peso total de residuos del día}}$$

$$\text{Restos de fruta, verdura y similares} = \frac{7.38 \times 100}{15.68} = 47.05 \% \rightarrow 0.47$$

### **Día 6:**

Peso total de residuos sólidos del día: 17.97 kg.

Tipo de Residuo: Residuo orgánico

Sub clasificación de producto: Resto de fruta, verdura y similares

Peso del producto: 8.60 kg.

Porcentaje que representa:

$$\%_{\text{Restos de fruta, verdura y similares}} = \frac{\text{Peso del producto} \times 100}{\text{Peso total de residuos del día}}$$

$$\text{Restos de fruta, verdura y similares} = \frac{8.60 \times 100}{17.97} = 47.84 \% \rightarrow 0.48$$

**Día 7:**

Peso total de residuos sólidos del día: 17.52 kg.

Tipo de Residuo: Residuo orgánico

Sub clasificación de producto: Resto de fruta, verdura y similares

Peso del producto: 7.98 kg.

Porcentaje que representa:

$$\%_{\text{Restos de fruta, verdura y similares}} = \frac{\text{Peso del producto} \times 100}{\text{Peso total de residuos del día}}$$

$$\text{Restos de fruta, verdura y similares} = \frac{7.98 \times 100}{17.52} = 45.56 \% \rightarrow 0.46$$

$$\% = \frac{0.46+0.48+0.47+0.45+0.47+0.48+0.46}{7} \times 100 = 46.69 \%$$

Este es el procedimiento que se sigue con todos los productos que hayan sido registrados durante el estudio. Se analiza por día, para luego promediar los resultados, de acuerdo al tiempo que duró el levantamiento de datos, una vez obtenidos los porcentajes correspondientes, se procede a agrupar de acuerdo a la clasificación manejada, posteriormente se realiza una sumatoria para verificar cuanto corresponde a orgánico, reciclable y desecho. En el anexo 2, se presenta con detalle.

**Tabla 17***Resumen de cálculo de residuos orgánicos:***Grupo** Residuos Orgánicos**Clasificación** Restos de frutas y verduras

	<b>Día1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día3</b>	<b>Día4</b>	<b>Día5</b>	<b>Día6</b>	<b>Día7</b>
<b>Peso [kg]</b>	7.976	6.887	6.229	10.440	7.375	8.595	7.980
<b>%</b>	46.44	47.78	47.27	44.91	47.05	47.84	45.56
<b>Unitario</b>	0.46	0.48	0.47	0.45	0.47	0.48	0.46
						<b>Promedio</b>	
						<b>%</b>	<b>46.69</b>

**Tabla 18***Porcentaje calculado según tipo de residuo sólido*

<b>Grupo</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Día 1 %</b>	<b>Día 2 %</b>	<b>Día 3 %</b>	<b>Día 4 %</b>	<b>Día 5 %</b>	<b>Día 6 %</b>	<b>Día 7 %</b>	<b>% Medio</b>
Residuos orgánicos	Restos de fruta, verduras y similares	46.44	47.78	47.27	44.91	47.05	47.84	45.56	46.69
Papel	Blanco	1.81	1.72	1.90	1.96	1.72	1.48		1.76
	Cartón	5.57	5.56	5.57	6.19	6.32	4.45	3.80	5.35
Plástico	Plástico 1, Tereftalato de Polietileno PET Botellas plásticas	4.04	4.06	4.13	2.02	4.31	6.79	2.26	3.94
	Plástico 2, (PEAD) botellas de detergente, shampo y vasos de yogurt	0.94	1.18	0.79	0.47	0.61	1.73	1.08	0.97
	Plástico 3, Cloruro de Polivinilo (PVC) tubería de plástico						0.75		0.75

<b>Grupo</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Día 1 %</b>	<b>Día 2 %</b>	<b>Día 3 %</b>	<b>Día 4 %</b>	<b>Día 5 %</b>	<b>Día 6 %</b>	<b>Día 7 %</b>	<b>% Medio</b>
	Plástico 4, Poliétileno de Baja Densidad (PEBD) sachet, envolturas.	2.51	2.49	2.55	0.97	2.11	4.56	1.86	2.44
	Plástico, Poliestireno (PS) Envases lácteos, vajilla descartable	1.13	1.04	1.19	0.97	1.21	0.67	1.37	1.08
	Plástico 7 (ABS)	1.53	1.56	1.45			1.36	1.43	1.47
	Bolsas de poliétileno	5.76	5.48	5.66		7.02	3.98	4.88	5.46
	Otros (envoltura de dulces)(bolsas plástico blando)	2.93	2.85	2.44		2.04	4.95	1.37	2.76
<b>Metales</b>	Aluminio	0.58	0.67	0.76	0.49	0.70	0.75	0.31	0.61
	Ferrosos		0.50				0.45		0.47
	No ferrosos	1.30	0.95	1.48	0.86	1.18		1.46	1.21
<b>Vidrios</b>	Vidrio transparente, botellas y otros, menos planos				15.75	3.51			9.63



**Tabla 19***Porcentaje de residuos agrupados*

<b>Grupo</b>	<b>Clasificación</b>	<b>% Medio</b>	<b>% TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>
Residuos orgánicos	Restos de fruta, verduras y similares	46.69	46.69
Papel	Blanco	1.51	6.86
	Cartón	5.35	
Plástico	Plástico1, Tereftalato de Polietileno PET Botellas plásticas	3.94	16.64
	Plástico 2, (PEAD) botellas de detergente, shampo y vasos de yogurt	0.97	
	Plástico 3, Cloruro de Polivinilo (PVC) tubería de plástico	0.11	
	Plástico 4, Polietileno de Baja Densidad (PEBD) sachet, envolturas.	2.44	
	Plástico, Poliestireno (PS) Envases lácteos, vajilla descartable	1.08	
	Plástico 7 (ABS)	1.05	
	Bolsas de polietileno	4.68	
	Otros (envoltura de dulces) (bolsas plástico blando)	2.37	
Metales	Aluminio	0.61	1.78
	Ferrosos	0.14	
	No ferrosos	1.03	
Vidrios	Vidrio transparente, botellas y otros, menos planos	2.75	2.75
Poli laminados	Tetrabrik Cartones de ADES	0.46	0.46
Telas y textiles	Telas y textiles	2.31	2.31

<b>Grupo</b>	<b>Clasificación</b>	<b>% Medio</b>	<b>% TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>
Residuos especiales	Residuo de aparatos eléctricos y electrónicos	0.35	2.36
	Goma y cuero	2.00	
Peligrosos domiciliarios	Baterías		1.47
	Pilas	0.77	
	Medicamentos caducos	0.38	
	Luminaria incandescente y lámparas de descarga	0.26	
	Restos de pintura	0.05	
Otros	Papel sanitario, pañales y toallas higiénicas	17.65	18.67
	Madera tratada	0.48	
	Plastoformo	0.27	
	Loza y cerámica	0.27	
		<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

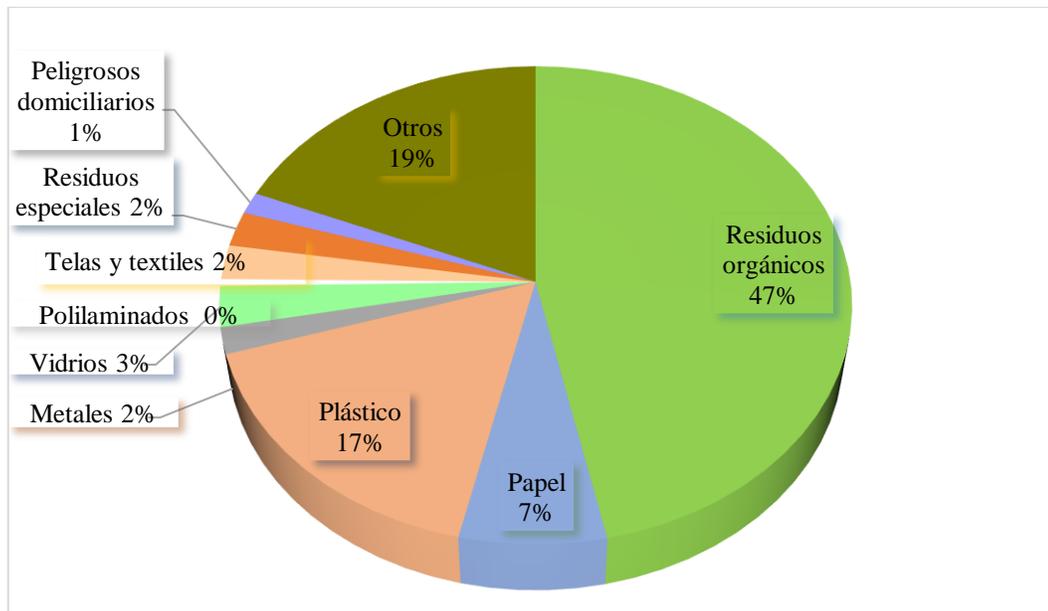
**Tabla 20***Porcentaje de clasificación de residuos sólidos*

	<b>Grupo</b>	<b>Clasificación</b>	<b>% Medio</b>	<b>% TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>
<b>ORGÁNICOS</b>	Residuos orgánicos	Restos de fruta, verduras y similares	46.69	46.69
	<b>RECICLABLE</b>	Papel	Blanco	1.51
Cartón			5.35	
Plástico		Plástico 1, Tereftalato de Polietileno PET Botellas plásticas	3.94	
		Plástico 2, (PEAD) botellas de detergente, shampo y vasos de yogurt	0.97	
		Plástico 3, Cloruro de Polivinilo (PVC) tubería de plástico	0.11	
		Plástico 4, Polietileno de Baja Densidad (PEBD) sachets, envolturas.	2.44	
		Plástico, Poliestireno (PS) Envases lácteos, vajilla descartable	1.08	
		Bolsas de polietileno Otros (envoltura de dulces) (bolsas plástico blando)	4.68	
Vidrios		Vidrio transparente, botellas y otros, menos planos	2.75	
		Metales	Aluminio	0.61
Ferrosos			0.14	

<b>Grupo</b>	<b>Clasificación</b>	<b>% Medio</b>	<b>% TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>	
<b>DESECHOS</b>	Plástico	Plástico 7 (ABS)	1.05	
	Metales	No ferrosos	1.03	
	Poli laminados	Tetrabrik Cartones de ADES	0.46	
	Telas y textiles	Telas y textiles	2.31	
	Residuos especiales	Residuo de aparatos eléctricos y electrónicos	0.35	
		Goma y cuero	2.00	
		Pilas	0.77	
	Peligrosos domiciliarios	Medicamentos caducos	0.38	27.35
		Luminaria incandescente y lámparas de descarga	0.26	
		Restos de pintura	0.05	
		Papel sanitario, pañales y toallas higiénicas	17.65	
	Otros	Madera tratada	0.48	
		Plastoformo	0.27	
	Loza y cerámica	0.27		
		<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	

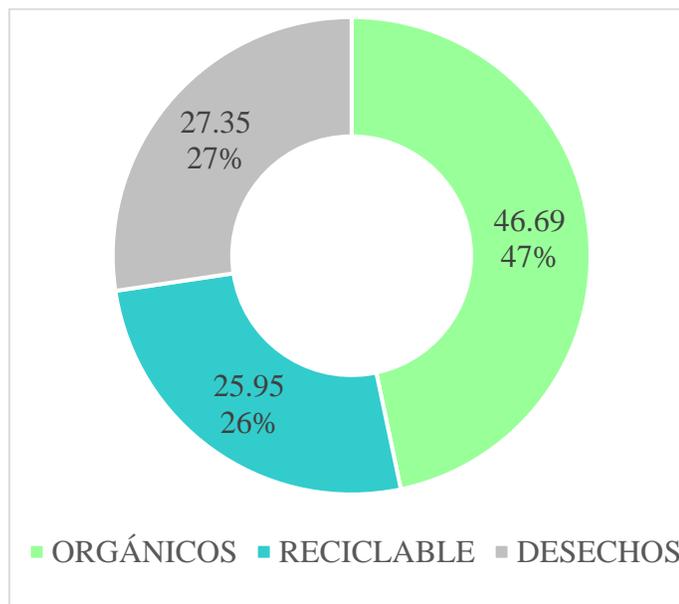
**Figura 29**

*Representación de residuos sólidos según características físicas*



**Figura 30**

*Resumen de clasificación de residuos sólidos*



### **4.3 DIAGNÓSTICO**

#### **4.3.1 Limpieza y Barrido:**

Actualmente, en la localidad de El Puente, las áreas que se barren son el parque, que cuenta con 0.21 Ha, la plaza principal que tiene 0.20 Ha y en Septapas la plaza con 0.15 Ha de superficie, no existe barrido de calles por falta de presupuesto, por lo que no existe rutas de barrido, la frecuencia de limpieza de la plaza en El Puente es todos los días, mientras que del parque y la plaza de Septapas; 2 veces por semana, generalmente el barrido se realiza en la mañana, se encarga de este trabajo 1 persona.

En cuanto a los accesos a los lugares mencionados; la vía que está al borde de la plaza es asfaltada, la vía de acceso al parque es enlosetada, cabe mencionar que las herramientas con las que se trabaja son: escoba de plástico, alza basura, carretilla, pala y rastrillo.

Como información de las características viales del lugar, se tiene pavimentada la carretera principal que une los departamentos Tarija – Potosí, misma que cruza la localidad de El Puente, considerando 2.20 km, desde la intersección de esta carretera con la vía de acceso a la comunidad La Verdiguera, hasta el puente que se encuentra sobre el río San Juan del Oro que separa a los departamentos mencionados, la avenida principal: 0.80 km, calles con enlosetado 1.40 km y calles sin recubrimiento: 1.25 km.

El clima es templado y seco, posee una pendiente aproximada 0.6%, el área concentrada se reduce a una superficie de 0.27 km<sup>2</sup>. Las características socioeconómicas son asumidas como similares.

Nota: Los datos fueron obtenidos de imagen satelital (Google Earth).

#### **4.3.2 Almacenamiento:**

##### **Almacenamiento domiciliario**

Lo más usado en los domicilios son bolsas de plástico, en menor cantidad, recipientes de plástico, no existe recolección diferenciada.

La producción per cápita (PPC) municipal obtenida del estudio de caracterización da como resultado 0.390 kg/Hab-día y proyectado a 20 años se estima una PPC municipal de 0.437 kg/Hab-día. La clasificación realizada muestra un alto contenido de residuos sólidos orgánicos, con un 47%, residuos que se consideran desechos 27% y residuos reciclables 26%, así mismo, el peso volumétrico calculado es de 72.82 kg/m<sup>3</sup>.

Se ha realizado proyecciones de los porcentajes para evaluar las condiciones a esperar de la producción de residuos sólidos de acuerdo a la clasificación mencionada, tomando en cuenta el índice de crecimiento poblacional:

**Tabla 21**

*Resumen de cálculo de proyección de residuos orgánicos*

Año	Habitantes	PPCM [kg/hab-día]	PPCM [kg/día]	PPCM [ Ton/día]	PPCM [Ton/mes]	PPCM [Ton/año]
2023	949	0.18	173.90	0.17	5.22	62.61
2038	1034	0.20	206.62	0.21	6.20	74.38
2043	1063	0.21	218.15	0.22	6.54	78.53

**Tabla 22**

*Resumen de cálculo de proyección residuos reciclables*

Año	Habitantes	PPCM [kg/hab-día]	PPCM [kg/día]	PPCM [ Ton/día]	PPCM [Ton/mes]	PPCM [Ton/año]
2023	949	0.10	96.20	0.10	2.89	34.63
2038	1034	0.11	114.30	0.11	3.43	41.15
2043	1063	0.11	120.68	0.12	3.62	43.44

**Tabla 23***Resumen de cálculo proyección de desechos*

Año	Habitantes	PPCM [kg/hab-día]	PPCM [kg/día]	PPCM [ Ton/día]	PPCM [Ton/mes]	PPCM [Ton/año]
2023	949	0.11	99.90	0.10	3.00	35.96
2038	1034	0.12	118.69	0.12	3.56	42.73
2043	1063	0.12	125.32	0.13	3.76	45.11

Los recursos económicos de la población son limitados en su gran mayoría, por lo que no se trabaja con separación en la fuente, implicaría un gasto para los habitantes y la falta de capacitación a las familias en cuanto a la gestión de residuos sólidos, se refleja en el inadecuado manejo de los mismos que se tiene en el lugar.

#### **Almacenamiento en áreas públicas**

Actualmente en la plaza principal se tiene 10 basureros y en el parque 2 basureros, que son usados principalmente en fiestas patronales y fechas cívicas que impliquen la concentración de la población en la plaza principal y en lo que se refiere al parque su uso es más constante, principalmente por niños y en menor proporción por adultos, considerando que existe un gimnasio al aire libre.

#### **4.3.3 Recolección y transporte**

Se recogen residuos municipales, pero no se tiene el dato de la cantidad de recojo diario, sin embargo, no se tiene el dato de los usuarios, pero se estima una cobertura del 80% y cabe mencionar que no se tiene recolección de residuos especiales. El vehículo que funciona como camión recolector, es de carrocería abierta, con capacidad de 6 m<sup>3</sup>, considerado no convencional.

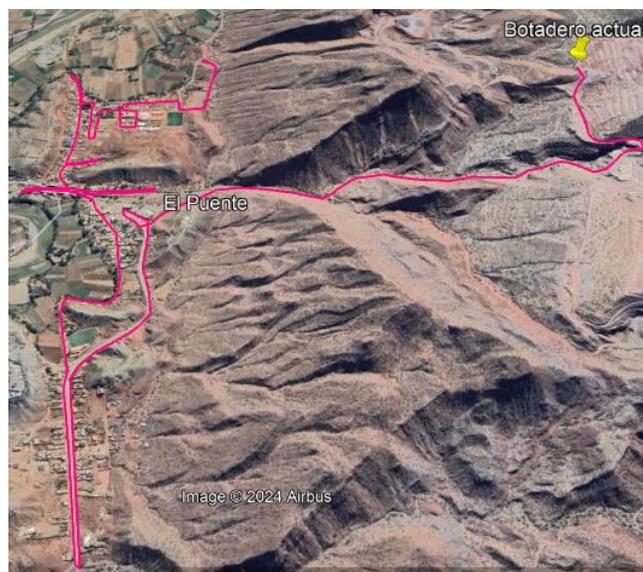
El método de recolección es por acera, la frecuencia es una vez por semana, los días viernes a partir de las 7:00 AM, el personal consta de 3 trabajadores: un chofer y dos ayudantes, en lo que se refiere a elementos de protección personal, tienen: botines, camisa, pantalón, sombrero y guantes.

**Figura 31**

*Vehículo usado para la recolección y transporte de residuos sólidos.*

**Figura 32**

*Ruta actual de recolección de residuos sólidos.*



Nota: Adaptado de Google Earth.

A describir las condiciones del servicio, es importante mencionar que se registró una producción de residuos igual a 370 kg/día, una afectación que se considera en la recolección, son las variaciones estacionales, sin embargo, no se tiene registro de las

mismas, en el aspecto económico, en la zona existe predominancia de domicilios y comercios, el número de habitantes estimado es de 949 habitantes, se considera un lugar seguro, sin conflictos.

Las vías a recorrer por el vehículo recolector son de asfalto, enlosetado y en menor cantidad sin recubrimiento, la distancia entre el área poblada y el lugar destinado a disposición final es aproximadamente 20 km, cabe mencionar que este vehículo es prestado por un habitante del lugar.

El horario en el que los usuarios están en sus domicilios por lo general es hasta antes de las 8:00 y después de las 18:00 horas, la forma de entrega es en una bolsa, no se tiene problemas de higiene, estas son características para considerar en el horario y tipo de recojo de los residuos.

#### **4.3.4 Transferencia**

No se tiene estación de transferencia, la distancia al sitio de disposición final (botadero actual) es aproximadamente de 5 km.

#### **4.3.5 Aprovechamiento.**

Existe conocimiento a cerca de separación en la fuente, sin embargo, no existe recolección diferenciada y los residuos terminan siendo incinerados, hecho que refleja que no se tiene aprovechamiento de los mismos, tanto de orgánicos como tampoco reciclables.

La cantidad generada: 370.01 kg/día de residuos sólidos que se clasifican en:

Orgánico: 47%=173.90 kg/día, reciclable: 26% =96.20 kg/día y desechos: 27% =99.90 kg/día.

Cabe mencionar que en los hogares existe una reutilización cierto porcentaje de los restos orgánicos, como comida para los animales, práctica que es común en lugares que están muy cerca del área rural.

#### **4.3.6 Disposición final**

El sitio donde está el botadero actual es una parte de terreno ya explotado: La Cantera, se tiene un botadero a cielo abierto, donde los residuos son incinerados.

Si bien los terrenos ya explotados son considerados de manera particular, como posibles sitios de disposición final para la construcción de rellenos sanitarios, en este caso se tiene otro sitio que se está estudiando, prometiendo mejores condiciones para la realización del proyecto, es importante considerar el cierre de botadero a cielo abierto actual con las medidas ambientales correspondientes.

### **4.4 ALTERNATIVAS DE MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE ASEO URBANO**

#### **4.4.1 Limpieza y Barrido**

El barrido, se mantiene como puntos de limpieza la plaza y el parque, se sugiere que se implemente en los tramos de calle que corresponden a las entidades públicas, como es la alcaldía y la calle que conforma el perímetro de la plaza principal, en horas de la mañana y al ser un espacio pequeño no requiere de cuadrillas de trabajo, una persona es la encargada de este trabajo, con dos veces a tres a la semana, según sea oportuno.

Limpieza en el cementerio con apoyo de los habitantes, 2 vez al año para de evitar la crianza de mosquitos y otros vectores que el almacenamiento de residuos de flores y envases principalmente.

Realizar jornadas de limpieza conjunta en el colegio, entre estudiantes de promoción y pre promoción, a mitad y fin de año, de manera que se pueda aplicar lo aprendido a cerca de la gestión integral de residuos sólidos en el colegio, con el apoyo de SOBOCE y del GAMEP, motivando el desarrollo de esta práctica, con incentivos que consideren convenientes las autoridades a cargo.

Realizar jornadas de limpieza entre funcionarios públicos una vez al año, como muestra de apoyo al cuidado de la zona, formando cuadrillas de manera que se abarque la mayor área posible.

#### 4.4.2 Almacenamiento

De acuerdo a los resultados obtenidos, existe un 26% de residuos considerados reciclables, de los cuales tienen mayor porcentaje de generación: plástico (botellas PET y bolsas de polietileno), vidrio (botellas) y cartón, por lo tanto:

Realizar la compra de baldes de plástico con tapa por parte del Gobierno Autónomo Municipal de El Puente GAMEP y la empresa SOBOCE, para las familias con los colores correspondientes según tipo de residuos, que sea fácil de identificar, priorizando: residuos orgánicos (verde), reciclables (amarillo) y desechos (negro) de manera que la población participe de la separación activa de los residuos sólidos generados.

#### **Cálculo de la capacidad de los recipientes para las familias:**

$$V = \frac{1000 * r * PPC * FS}{PV * F}$$

Número de personas que habitan en el hogar:  $r = 3$

Generación per cápita [kg/(hab\*día)]:  $PPC = 0.390$

Factor de seguridad:  $FS = 1.25$

Peso Volumétrico[kg/m<sup>3</sup>]:  $PV = 72.82$

Frecuencia de recolección:  $F = 2/7 = 0.29$  (Dos días a la semana)

**Volumen del recipiente [L]:  $V = 70.30$**

De acuerdo al cálculo realizado, la capacidad de estos sería:

Residuos sólidos orgánicos:  $47\% = 30.04$  litros → 30 litros.

Residuos sólidos reciclables:  $26\% = 18.28$  litros → 20 litros.

Desechos:  $27\% = 18.98$  litros. → 20 litros.

Los residuos reciclables serían recolectados por la moto carro, entre las producciones más altas según los resultados obtenidos: plásticos: las botellas PET y bolsas de polietileno; botellas de vidrio, y papel: blanco y cartón.

La separación de residuos orgánicos da lugar a la implementación de un proyecto piloto que se enfocaría en la lombricultura.

Separar restos de comida (orgánicos) para animales, es una práctica que se mantendrá por parte de los habitantes, por la costumbre que ya han manejado durante años.

Es importante, mencionar que debe existir una fuerte concientización hacia los habitantes de manera que se pueda generar más conciencia y los residuos sólidos reciclables sean entregados en buenas condiciones, esto puede lograrse con convenios con empresas como Agua Tuya que tiene experiencia en este tipo de programas.

#### **Almacenamiento en áreas públicas:**

Se mantendrá el uso de los basureros que se tiene de dos colores para orgánicos e inorgánicos, existentes en la plaza principal.

Existen otros basureros de metal que son de años atrás se recomienda que sean llevados al cementerio para que se dé un mejor uso, considerando que no existen basureros en el mismo.

#### **4.4.3 Recolección y transporte**

Las rutas de recogido y transporte se encuentra en Anexo 5, fueron diseñadas tomando en cuenta el crecimiento poblacional y también la opción tentativa de lugar para el relleno sanitario.

**Tipo de ruta:** Se tiene una macro ruta que pasa por la carretera principal que une los departamentos de Tarija y Potosí.

La micro ruta es la que va por las calles dentro de la comunidad, se ha buscado llegar a la mayor parte de población con las alternativas de recorrido, tomando en cuenta que no se repita los tramos y el sentido de flujo vehicular.

**Tipo de recolección:** se mantendrá la recolección por acera, acomodándose a la situación económica, considerando que la recolección por esquina precisa de contenedores y esto representa otro presupuesto.

**Horario de recolección:** por preferencia es en la mañana, considerando que es una zona donde los habitantes se dedican a la agricultura y de esta manera también las personas que trabajan en sus respectivos oficios puedan alistar sus residuos sólidos antes de salir a sus fuentes laborales y el clima en horas de la tarde y noche es un factor de que dificultaría el trabajo por el viento que hace.

**Tipo de vehículo:** Se mantendrá el vehículo de recolección con caja abierta, pero es importante mencionar la necesidad de que se vaya consensuando la compra de un vehículo con características técnicas que esté más acorde con la necesidad de la población, en los siguientes cinco años de ser posible.

**Personal de servicio:** se mantendrá una persona que trabaje de chofer y dos ayudantes para que sea más fácil la recolección de manera que pueda abarcar con mayor rapidez.

Para evitar el desánimo de los habitantes y aplicar la Gestión Integral de Residuos Sólidos, se sugiere aprovechar que se tiene un vehículo con carrocería abierta, para colocar un recipiente plástico tipo contenedor de capacidad igual a 1100 litros, con el fin que se coloque dentro de este, sólo residuos orgánicos y el resto del espacio esté destinado a desechos, durante la recolección y transporte.

Recolectar 2 veces al año residuos voluminosos y especiales (previa capacitación).

#### **a) Alternativa 1**

Para esta alternativa su frecuencia es de dos veces por semana, los días lunes y viernes a las 7:00 AM, de manera que se recoja lo generado el fin de semana considerando que los fines de semana se realizan más eventos, como ser algunas festividades que ocasiona una mayor generación de residuos, recogiendo los mismos de manera diferenciada desde la fuente, recalando la importancia que la comunidad tenga conocimiento a cerca de la gestión de residuos sólidos.

**Figura 33***Alternativa de ruta de recolección 1*

Nota: Adaptado de Google Earth.

**b) Alternativa 2**

Esta alternativa busca tomar en cuenta una frecuencia de dos días a la semana, los días viernes y miércoles a las 7:00 AM, considerando que se tiene una feria comunal los jueves de cada semana y que hay personas que viajan a la ciudad aprovechando el fin de semana para que puedan dejar sus residuos antes de su viaje y también los eventos del fin de semana para los habitantes que participen de los mismos.

**Figura 34**

*Alternativa de ruta de recolección 2.*



Nota: Adaptado de Google Earth.

**c) Alternativa 3**

Esta alternativa está visualizada considerando un crecimiento de la población y que pueda ser beneficiada con el servicio, abarca mayor cobertura, la frecuencia de recojo es de dos días a la semana, los días lunes y jueves a las 7:00 AM, el carro basurero debe tener dos espacios, uno para residuos sólidos orgánicos y los otros residuos en el espacio sobrante.

**Figura 35**

*Alternativa de ruta de recolección 3.*



Nota: Adaptado de Google Earth.

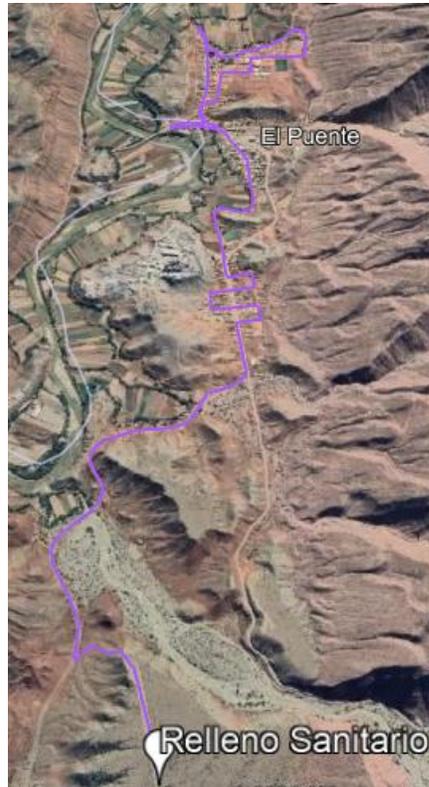
**d) Ruta Moto carro**

La frecuencia de recojo de este vehículo, buscan complementar el recojo de residuos sólidos de manera diferenciada desde la fuente de generación, siendo dos veces por mes; la segunda y última semana, los días martes a las 7:00 AM, el objeto de recojo de este serán los residuos de tipo reciclable.

Esta ruta se combina con cualquier alternativa seleccionada para mejorar el servicio de la población.

**Figura 36**

*Alternativa de ruta de recolección con Moto Carro*



Nota: Adaptado de Google Earth.

#### **4.4.4 Componente del Servicio de Aseo Urbano: Transferencia**

La distancia aproximada es de 20 km entre el área poblada y el lugar que se tiene destinado para el relleno sanitario, esta distancia está en límite dentro de las condiciones que se tiene, para tomar en cuenta una estación de transferencia y considerando que los recursos económicos son limitados, no es recomendable una estación de transferencia.

#### **4.4.5 Aprovechamiento**

Se sugiere que los residuos reciclables sean vendidos a empresas que trabajen en este rubro, de acuerdo a la caracterización realizada se encontró que los más usados por la población son: Botellas de vidrio, PET, hojas de papel y cartón.

Así mismo, para un mejor aprovechamiento de los residuos orgánicos, se propone trabajar con un proyecto piloto de Lombricultura a cargo de los técnicos del municipio.

#### 4.4.6 Disposición final

Realizar los demás estudios que complementan el proceso necesario para la elección del sitio y posterior diseño del relleno sanitario.

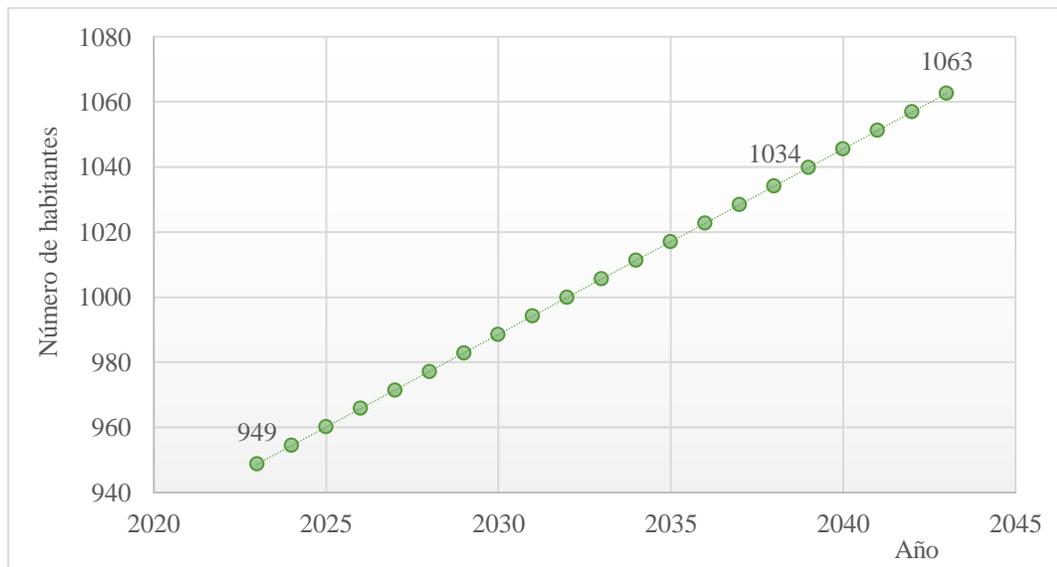
En cuanto al botadero actual, realizar las acciones correspondientes para el cierre del mismo, de manera que se asegure el cuidado debido al medio ambiente.

### 4.5 PROYECCIONES

Se han realizado proyecciones de habitantes, producción per cápita de manera general como también de acuerdo a los porcentajes obtenidos de acuerdo a la clasificación en los grupos de residuos reciclables, desechos y orgánicos para poder analizar el crecimiento de estos indicadores que inciden dentro de la gestión integral de residuos sólidos que permitan definir estrategias y una mejor planificación de los recursos.

**Figura 37**

*Proyección de habitantes*

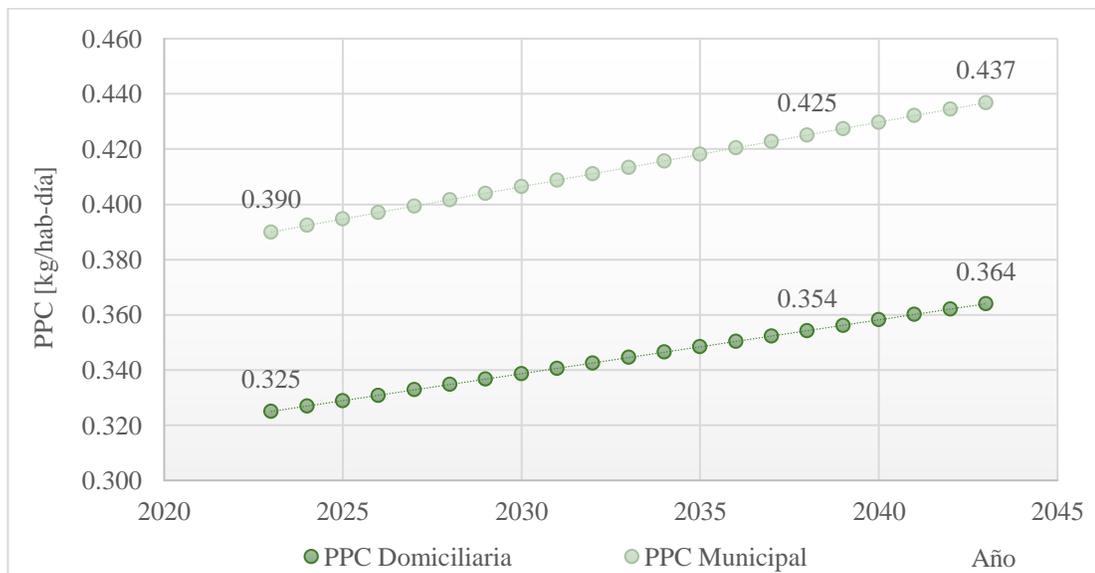


De acuerdo a los datos del Plan de Desarrollo Integral PDTI del Municipio de El Puente y al censo realizado en el año 2012 y usando el Método Aritmético para las proyecciones necesarias, en el año 2023 la población de la comunidad de El Puente, tiene un valor de 949 habitantes, con un índice de crecimiento de 0.6 %

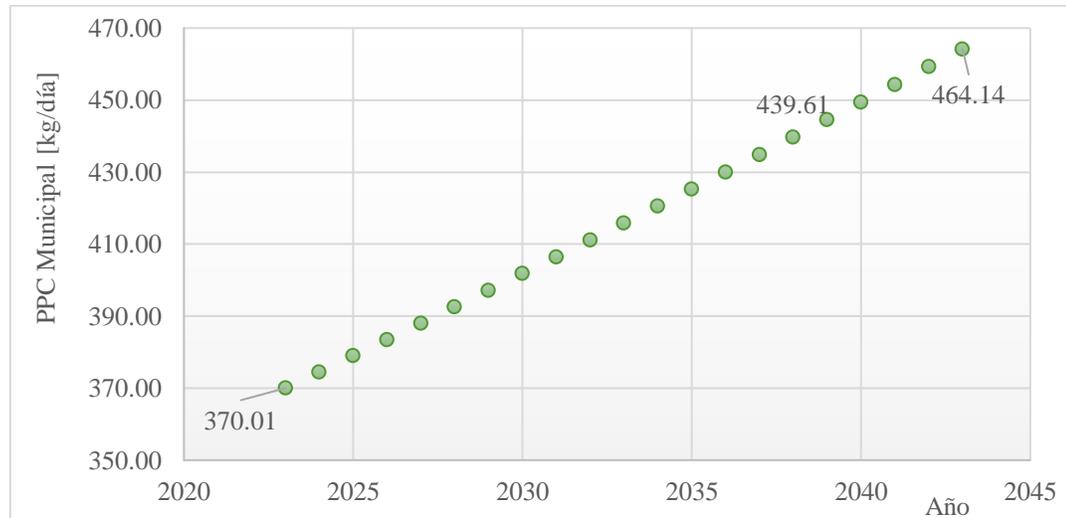
La razón por la que se toma en cuenta estos resultados de manera específica, se debe a la cantidad de años de funcionamiento de un relleno sanitario y a la necesidad de esta información para determinar posteriormente el área destinada al proyecto, como se indica en la guía del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico, considerando una vida útil mínima de 15 años, para este tipo de proyectos.

**Figura 38**

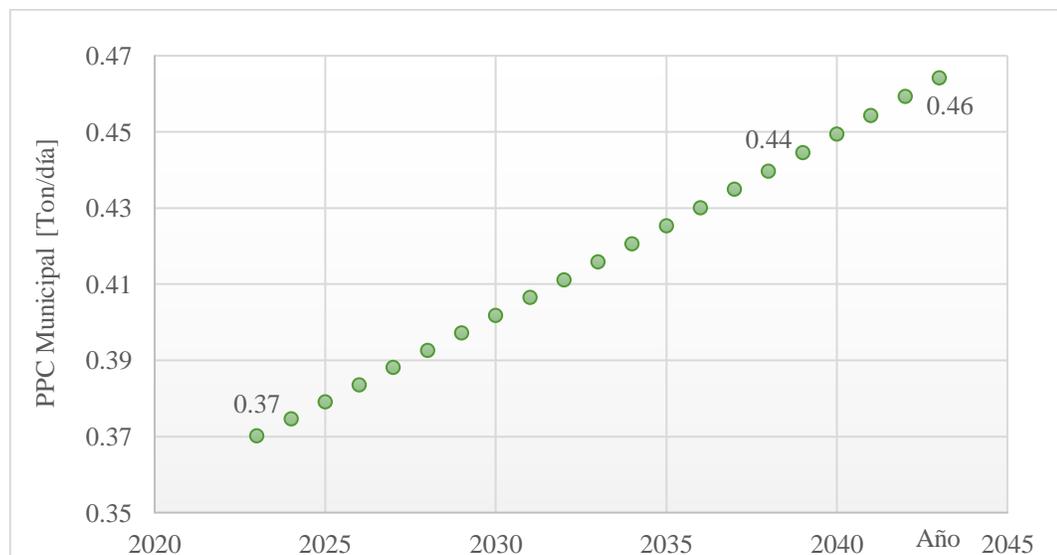
*Proyección de generación de residuos sólidos [kg/hab-día]*

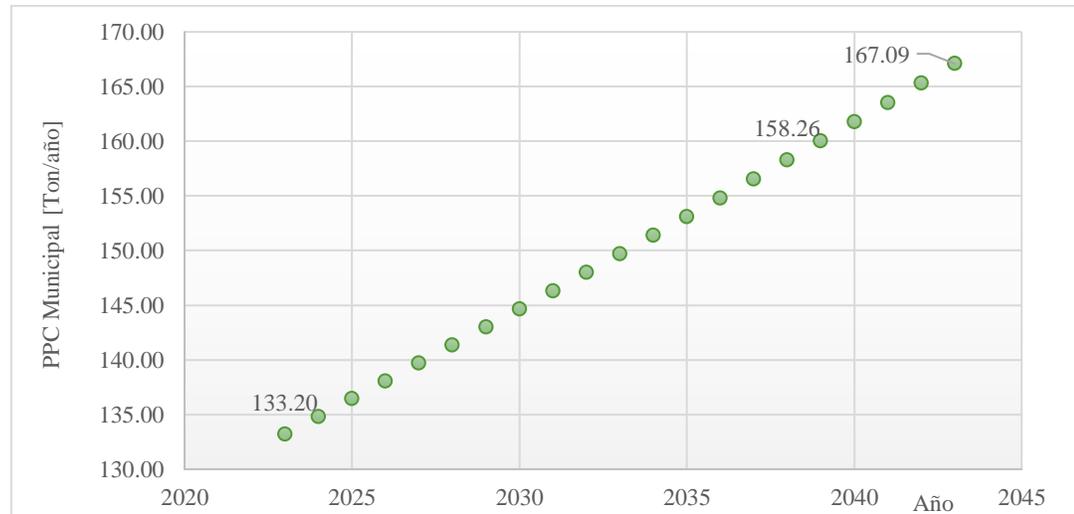


La producción per-cápita municipal para el año 2023 es 0.390 kg/habitante-día, es igual a 0.37 Ton/día, para el año 2038 se obtuvo 0.425 kg/habitante-día, una población de 1034 habitantes, correspondiente a 15 años de proyección, representado en 0.44 Ton/día, el índice de crecimiento es el usado para la población, según bibliografía. El máximo periodo de análisis es de 20 años, siendo un valor de 0.437 kg/habitante-día correspondiente a la proyección de la producción per cápita y 1063 habitantes representado en 0.46 Ton/día.

**Figura 39***Generación de residuos sólidos [kg/día]*

De acuerdo a las proyecciones realizadas, la generación de residuos sólidos asciende de 370.01 kg/día a 439.61 para el año 2038 y para el año 20 se estima que alcanzaría los 464.14 kg/día.

**Figura 40***Generación de residuos sólidos [Ton/día]*

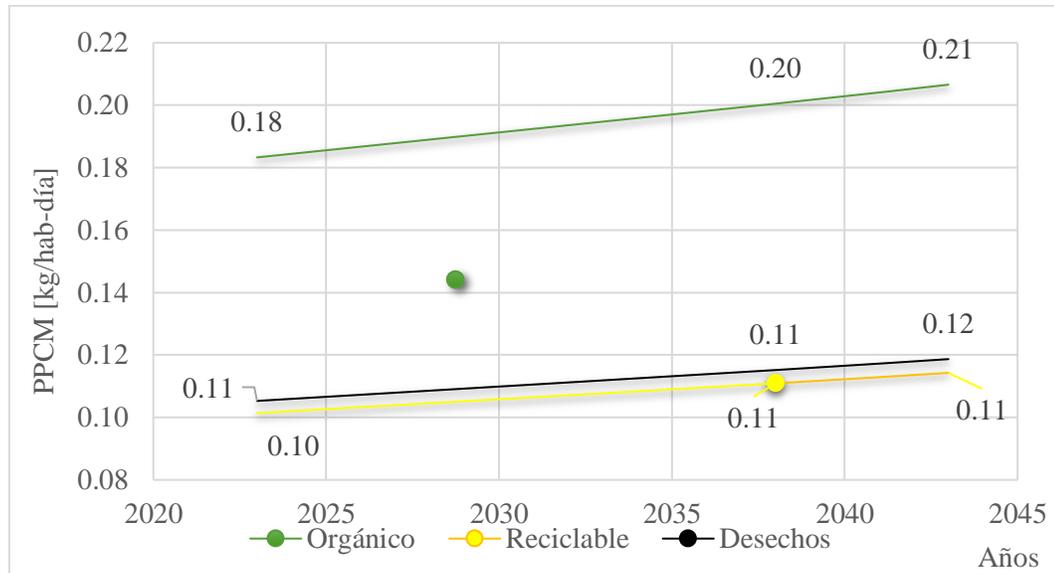
**Figura 41***Generación de residuos sólidos [Ton/año]*

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede evidenciar el crecimiento de la generación de residuos, lo que se traduce en que las medidas sugeridas deben ir cambiando a medida que pasa el tiempo, considerándose principalmente, la frecuencia de recolección para que se pueda adecuar la separación en la fuente, debido a que son propuestas que van de la mano, que están solucionando la incomodidad que se ha visto de la población respecto al manejo de sus residuos, estas alternativas estarían vigentes para los siguientes cinco años. También es importante tomar en cuenta el vehículo que se tiene al servicio, con el tiempo se necesitará uno de mayor capacidad y de características que cumplan con las necesidades de la población.

Cabe mencionar que es conveniente realizar el estudio de caracterización cada cinco años, de esta manera se podrá corroborar las proyecciones realizadas y adaptar según lo necesario a las decisiones asumidas, en favor de los usuarios.

**Figura 42**

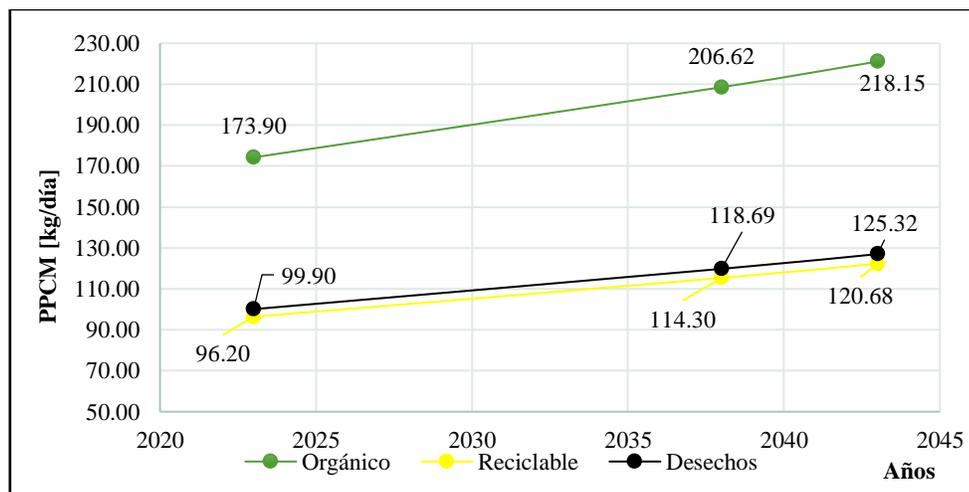
*Proyección de producción per cápita según tipo de residuos [kg/hab-día]*



Para el año 2023 se tiene 0.18 kg/hab-día de residuos orgánicos, 0.11 kg/hab-día de desechos y 0.10 kg/hab-día de residuos reciclables, llegarán a: 0.21 kg/hab-día de residuos orgánicos, 0.12 kg/hab-día de desechos y 0.11 kg/hab-día de residuos reciclables para el año 2043.

**Figura 43**

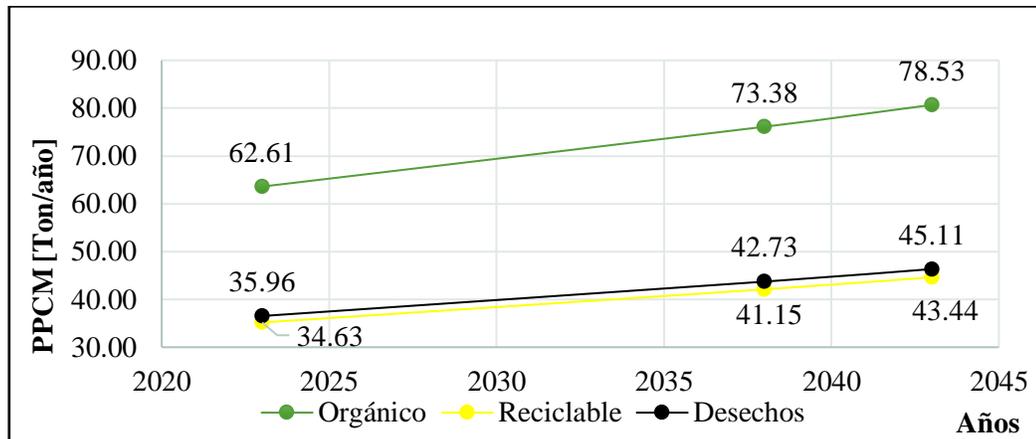
*Proyección producción per cápita según tipo de residuos [kg/día]*



Para el año 2023 se tiene 173.90 kg/día de residuos orgánicos, 99.90 kg/día de desechos y 96.20 kg/día de residuos reciclables, llegarán a: 218.15 kg/día de residuos orgánicos, 125.32 kg/día de desechos y 120.68 kg/día de residuos reciclables para el año 2043.

**Figura 44**

*Proyección producción per cápita según tipo de residuo [Ton/año]*



Para el año 2023 se tiene 62.61 Ton/año de residuos orgánicos, 36.96 Ton/año de desechos y 34.63 kg/día de residuos reciclables, llegarán a: 78.53 Ton/año de residuos orgánicos, 45.11 Ton/año de desechos y 43.44 kg/día de residuos reciclables para el año 2043.

Los grupos de productos que se tiene mayor residuo, como los orgánicos, lleva a considerar que podría trabajarse con compostaje en diez años más adelante, debido a su alta producción y da el tiempo para poder organizar de mejor manera el presupuesto enfocándose en este punto.

En lo que se refiere a los reciclables, puntos de acopio, para que ayude a la separación de los mismos, a la vez podría pensarse en fuentes de trabajo para personas que quieran ser recolectoras, pudiendo ser parte de la Asociación Nueva Esperanza por el Medio Ambiente Tarija ANEMAT, en inicios de esta labor.

Por otro lado, se debe buscar un lugar para un nuevo relleno sanitario, para la cantidad de desechos generada, un posible lugar sería “la cantera”.

**CAPÍTULO V**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 CONCLUSIONES

- La Producción Per-cápita domiciliaria es de 0.325 kg/Hab-día y la Producción Per-cápita municipal para el año 2023 en la comunidad de El Puente, es 0.390 kg/Hab-día, que se traduce en una generación igual a 0.37 Ton/día, comparado con el municipio de San Lorenzo, tomando en cuenta el estudio de caracterización realizado en 2020, con 25796 habitantes, tiene una generación de 10 Ton/día, la Guía propuesta por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua MMAyA, el Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico en la Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos, propone que para la categoría poblacional Rural, con población menor a 2000 habitantes la Producción Per-Cápita Domiciliaria tiene un valor de 0.20 [kg/Hab-día], bajo este criterio el valor obtenido en el estudio es alto, sin embargo el valor que se tiene para la categoría poblacional Menor es de 0.42 [kg/Hab-día] y el número de habitantes oscila entre 2000 a 10000, haciendo una comparación entre ambos, el valor obtenido queda más respaldado, una de las razones a considerar es el elevado consumismo que se tiene.

Según el informe "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050" del Banco Mundial fue publicado en 2021, La producción per-cápita para países de bajos ingresos es de 0.50 kg, el valor obtenido es de 0.3900 [kg/hab/día], comparando con este valor que es a nivel mundial, es bajo, nuestro país es considerado en vías de desarrollo, por ende, la generación de residuos en comparación con países desarrollados es menor.

- El peso volumétrico es de 72.82 [kg/m<sup>3</sup>], este dato es necesario para el cálculo del área para el relleno sanitario, de acuerdo a un informe del estudio de generación y caracterización de Residuos Sólidos Urbanos RSU del área urbana del municipio de Potosí, realizado el año 2015, se tiene un peso volumétrico promedio de 110.36 kg/m<sup>3</sup>, viéndose considerados tres estratos sociales, donde el estrato A posee un peso volumétrico de 75.99 kg/m<sup>3</sup>, el B de 93.25kg/m<sup>3</sup> y el C de 161.84 kg/m<sup>3</sup>, siendo el estrato A correspondiente a zonas céntricas que

cuentan con todos los servicios. En las comunidades de Tarapaya /Miraflores el peso volumétrico llega a 78.82 kg/m<sup>3</sup>.

- La composición física de los residuos muestra que se tiene un 47% de residuos orgánicos, un 31% de residuos aprovechables, dentro de los que se encuentran; papel un 7%, plástico con un valor de 16 %, metales con 2%, vidrio con 3%, telas y textiles con 2%, finalmente goma y cuero y plastoformo que equivalen al 1%.
- Los residuos que se clasifican como desechos representan el 22% que se componen por otros con 19% (papel sanitario, madera tratada, loza y cerámica), peligrosos domiciliarios (pilas, medicamentos caducos, luminaria incandescente y restos de pintura) con un valor de 1%, plásticos de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) con 2%, residuos especiales (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) y poli laminados que son los cartones tipo Tetrabrik con un porcentaje entre ambos menor al 1%.
- Los residuos reciclables representan un 26% conformados por: papel, plástico, vidrio y metales, con excepción de los no ferrosos, en los porcentajes mencionados según corresponde.

Según el informe del estudio de Caracterización realizado en Potosí el año 2015, se tiene los siguientes resultados: Residuos de comida 15%, papel periódico 11%, cartón y papel sanitario 9% cada uno, 8% de metales y PET 6% al igual polietileno de alta y baja densidad.

De acuerdo a la Guía de Servicio de Aseo Urbano MMAyA (2018) se tiene los rangos de composición: Municipios menores 48% materia orgánica, 3.16% metales, 28.85% otros, papel y cartón 6.18%, plásticos 11.13% y vidrio 2.73%

- La composición física de los RSM en la Región está caracterizada por su alto porcentaje de materia orgánica (entre 50 y 70% del total de residuos), lo que se traduce en un mayor contenido de humedad con valores que fluctúan entre 35

y 55%; el resto es papel, cartón, vidrio, metales, plásticos y material inerte, entre otros.<sup>63</sup>

- Mediante la encuesta realizada se pudo evidenciar que más del 90% de la población tiene mucha predisposición de recibir capacitación y realizar la separación de los residuos en sus hogares, si bien varias familias ya lo hacen, son más del 60%, la causa de desánimo o discontinuidad de las familias restantes, es que no existe una recolección diferenciada principalmente, es importante mencionar que el 81% de la población no ha recibido capacitación en su domicilio o barrio y se tiene un alto porcentaje de familias que separan.
- El 69% de la población encuestada sugiere mayor frecuencia de recojo y el 19% un nuevo proyecto respecto a los residuos sólidos.
- Dentro del cálculo de la producción per cápita se toma en cuenta el número de habitantes, sin embargo es importante recalcar que este resultado podría reducir de manera considerable con la oportuna formación de las personas, para llevar adelante un cambio de hábitos en el manejo de los residuos sólidos, buscando siempre reducir la producción de los mismos, considerando que al realizar este estudio se ha podido evidenciar el consumismo que maneja la población y si bien el relleno sanitario es la manera más óptima para la disposición final que se maneja en latino américa, se busca un periodo más prolongado de vida útil, para lo cual la población debe intervenir desde la generación de los residuos sólidos.
- La población tiene ganado bovino, equino, porcino, maneja crianza de aves, lo que sugiere que se tenga una recirculación de residuos orgánicos, revisados previamente que sirva como alimento de los mismos.
- La clasificación muestra un alto porcentaje de residuos orgánicos, direcciona a proyectos de lombricultura y/o compostaje con enfoque al cuidado de áreas verdes, por otro lado, los residuos reciclables tienen un porcentaje importante,

---

<sup>63</sup> Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, Jaramillo, 2002.

de lo cual se debe trabajar con una recolección diferenciada que permita la recuperación de la mayor cantidad de residuos sólidos reciclables.

- El peso volumétrico calculado es de 72.82 [kg/m<sup>3</sup>], tomando en cuenta que el vehículo en el que se realiza el recogido y transporte, tiene capacidad de 6 m<sup>3</sup>, se necesitan aproximadamente 12 veces su paso para tener una cobertura total del servicio, lo que indica que, para mejorar el servicio, se debe considerar el cambio de vehículo a uno con mayor capacidad para lograr que el recojo y transporte sea más eficiente, a su vez ampliar la ruta de recolección para que más habitantes gocen del servicio. Cabe recalcar que el vehículo encargado de la recolección y transporte de Residuos Sólidos actualmente, no cuenta con un sistema de compactación, lo que genera que se tenga que realizar hasta tres veces el recorrido y se tiene una frecuencia de recojo de una vez por semana hecho que tiene como consecuencia molestia en la población que accede al servicio.
- Para implementar la separación en origen, se necesita de recursos para una capacitación y seguimiento constante, por lo que debe ser apoyado por autoridades del municipio como cooperaciones de empresas que estén comprometidas con este estilo de vida como ser Aguatuya y a la vez empresas que aporten a la comunidad como lo es SOBOCE, según resultados se necesita basureros de capacidades de 30 litros para los residuos orgánicos y de 20 litros para residuos reciclables y desechos, de manera que se trabaje con el moto carro para la recolección de residuos reciclables.
- De acuerdo a la encuesta, en la mayoría de casos las encargadas del manejo de residuos sólidos en los hogares son las madres, se debe enfatizar en cambiar el notorio rol de labores de casa acentuado en la mujer, con capacitación para el aprovechamiento, el reciclaje, la separación, de los mismos, según corresponda de acuerdo al tipo de residuos sólidos dentro de reuniones de junta vecinal para que pueda llegar la información tanto a hombres como mujeres.
- En respuesta a la solicitud de la población de tener mayor frecuencia de recojo de residuos sólidos, se realizaron tres alternativas como propuesta de

optimización del servicio de aseo, de las cuales se elige la Alternativa 1 que consiste en el recojo de residuos sólidos los días lunes y viernes a las 7:00 AM y conjuntamente el servicio del moto carro los días martes a la misma hora, dos veces al mes, la segunda y última semana.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Tener mínimamente a una persona de la comunidad en el equipo, al momento de levantamiento de datos genera mayor confianza y predisposición de los demás habitantes al momento de participar en el estudio.
- Realizar una socialización detallada con las personas que conforman el equipo de levantamiento de datos para el estudio ayudará a realizarlo con mayor rapidez y asegurar mejores resultados.
- En la parte de clasificación, tener planillas con gráficos para cada sub producto, facilitará de gran manera el levantamiento de datos.
- La persona que lidera el equipo de trabajo debe controlar que todos los que conforman el equipo de trabajo estén con la protección adecuada.
- Las autoridades competentes deben buscar financiamiento externo y convenios, que permitan realizar programas de socialización de la gestión integral de residuos sólidos que puedan incluirse en las reuniones que tienen la junta vecinal, como también ferias educativas de manera que la información llegue a la mayor cantidad de habitantes.
- Crear un reglamento interno que vaya acorde con el uso de los respectivos basureros y la limpieza de los lugares públicos como privados en la comunidad.
- Realizar el estudio de suelos para el diseño del relleno sanitario para la localidad de El Puente.
- Realizar el diseño del relleno sanitario a partir de los datos obtenidos.
- Realizar los estudios correspondientes a la parte química de los residuos sólidos y demás complementarios, mencionados en la Guía de Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios del MMAyA 2012.