

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS Y RE DISEÑO DE RUTAS DE
RECOLECCION, COMO PROPUESTA A LA ACTUALIZACION DEL PGIRS EN EL
MUNICIPIO DE BOCHALEMA NORTE DE SANTANDER**

AUTOR

BRAYAM GABRIEL VILLAMIZAR RIVERA

DIRECTOR

MANUEL ANTONIO CONTRERAS MARTÍNEZ

M.Sc INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL Y QUIMICA.

INGENIERIA AMBIENTAL

PAMPLONA NORTE DE SANTANDER

2019

**CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS Y RE DISEÑO DE RUTAS DE
RECOLECCION, COMO PROPUESTA A LA ACTUALIZACION DEL PGIRS EN EL
MUNICIPIO DE BOCHALEMA NORTE DE SANTANDER**

AUTOR

BRAYAM GABRIEL VILLAMIZAR RIVERA

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR A LTITULO DE INGENIERIA
AMBIENTAL EN MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL**

DIRECTOR

MANUEL ANTONIO CONTRERAS MARTÍNEZ

M.Sc INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL Y QUIMICA.

INGENIERIA AMBIENTAL

PAMPLONA NORTE DE SANTANDER

2019

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	9
1. Generalidades.....	11
1.1. Planteamiento del problema	11
<i>1.1.1. Descripción del problema</i>	11
<i>1.1.2. Formulación del problema</i>	11
1.2. Objetivos	12
<i>1.2.1. Objetivo general</i>	12
<i>1.2.2. Objetivos específicos</i>	12
1.3. Justificación	14
2. Marco referencial	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Marco contextual	20
2.3. Marco conceptual	23
2.3.1 Caracterización de los residuos.....	23
2.3.2 Clasificación de los residuos sólidos, por tipo de manejo.....	23
2.3.3 Disposición final de residuos	24
2.3.4 Separación en la fuente	25
2.3.5 Micro-ruteo	25
2.3.6 Peine.....	25
2.4. Marco teórico	26
2.4.1. Residuos sólidos municipales (RSM):	26
2.4.2. Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS):.....	26
2.4.3. Métodos Heurísticos:	27
2.4.4. Número de muestras:	28
2.4.5. Aplicativa muestra correcta:	30
2.4.6. Los valores k más utilizados y sus niveles de confianza:	31
2.4.7. Residuos sólidos municipales (RSM):	31

2.4.8. Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS):.....	32
2.4.9. Ruta de recolección.....	32
2.4.10. Aproximación heurística a una micro-ruta:.....	33
2.4.11. Recolección convencional:	34
2.4.12. Métodos Heurísticos:	35
2.4.13. Procedimiento prueba estándar para Determinación de la composición de productos sin procesar Residuos sólidos urbanos:	36
2.5. Marco legal o normativo	41
2.5.1. Resolución 754 de 2014.....	41
2.5.2. Acuerdo 287 de 2007.	42
2.5.3. Resolución CRA 541 de 2011.....	42
2.5.4. Auto 275 de 2011.....	42
2.5.5. Decreto 1077 de 2015.	44
3. Metodología.....	46
3.1 Consecución de la información	46
3.2 Tamaño de la muestra	46
3.3 Procedimiento específico para la caracterización de los residuos sólidos del municipio de Bochalema Norte de Santander	49
3.4 Estudio de caracterización física y producción per cápita de los residuos sólidos municipales	50
3.4.1. Etapa planificación.....	50
3.4.2 Etapa trabajo de campo y operaciones.....	55
3.4.3 Etapa análisis de información	60
3.5 Rediseño de micro rutas	62
3.5.1 Estudio de demanda	62
3.5.2 Trazado bajo principios heurísticos	64
4. Resultados y análisis de resultados	65
4.1 Obtención de la información necesaria	65
4.2 Determinación de la muestra	65
4.3 Resultados composición física.....	69
4.3.1 resultados composición física estrato 1	69
4.3.2 resultados composición física estrato 2	70

4.3.3 resultados composición física estrato 3	72
4.3.4 resultados composición física estrato 4	73
4.5 Rediseño de la micro ruta de recolección de residuos sólidos domiciliarios	77
4.5.1 Calculo de los tiempos de recolección y transporte	82
5. Conclusiones y Recomendaciones	84
5.1 Conclusiones	84
5.2 RECOMENDACIONES	85
5.3 REFERENCIAS	87
Anexos	91
Anexo 2.....	95

Lista de imágenes

<i>Imagen 1 ubicación Bochalema Norte de Santander</i>	<i>56</i>
<i>No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones. Imagen 3 Aplicativo muestra real ¡Error! Marcador no definido.</i>	

<i>No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.</i>	
<i>Imagen 5. Capacitación a operarios del servicio de aseo.....</i>	<i>32</i>
<i>Imagen 6. Club de Leones.....</i>	<i>33</i>
<i>Imagen 7. unidad vehicular</i>	<i>33</i>
<i>Imagen 8. mapa localización de muestras.....</i>	<i>37</i>
<i>Imagen 9. Muestra de residuos sólidos a recolectar</i>	<i>38</i>
<i>Imagen 10. peso de los residuos sólidos</i>	<i>48</i>
<i>Imagen 11. Segregación de las muestras.....</i>	<i>48</i>
<i>Imagen 12. Ruta anterior</i>	<i>48</i>
<i>Imagen 13. Ruta de recolección estipulada</i>	<i>48</i>

Lista de cuadros

<i>Cuadro 2 Desviación estandar</i>	65
<i>Cuadro 3 valores de k mas utilizados</i>	65
<i>Cuadro 4 usuarios del servicio de aseo</i>	65
<i>No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.</i>	
<i>Cuadro 6 Numero de muestras método muestra real aplicativo</i>	32
<i>Cuadro 7 Numero de muestras método Dr. Kunitoshi Sakurai</i>	32
<i>Cuadro 8 Comparación de métodos y muestra final</i>	33
<i>Cuadro 9 composición de residuos sólidos</i>	36
<i>Cuadro 10 registro de usuarios por estrato</i>	27
<i>Cuadro 11 Caracterización de residuos sólidos 23/09/2019 estrato 1</i>	41
<i>Cuadro 12 Caracterización de residuos sólidos 26/09/2019 estrato 1</i>	42
<i>Cuadro 13 Caracterización de residuos sólidos 28/09/2019 estrato 1</i>	43
<i>Cuadro 14 Caracterización de residuos sólidos 23/09/2019 estrato 2</i>	44
<i>Cuadro 15 Caracterización de residuos sólidos 26/09/2019 estrato 2</i>	45
<i>Cuadro 16 Caracterización de residuos sólidos 28/09/2019 estrato 2</i>	46
<i>Cuadro 17 Caracterización de residuos sólidos 1/10/2019 estrato 3</i>	48
<i>Cuadro 18 Caracterización de residuos sólidos 3/10/2019 estrato 3</i>	49
<i>Cuadro 19 Caracterización de residuos sólidos 5/10/2019 estrato 3</i>	50
<i>Cuadro 20 Caracterización de residuos sólidos 1/10/2019 estrato 4</i>	52
<i>Cuadro 21 Caracterización de residuos sólidos 3/10/2019 estrato 4</i>	53
<i>Cuadro 22 Caracterización de residuos sólidos 5/10/2019 estrato 4</i>	54
<i>Cuadro 23 Total residuos generados estrato 1</i>	55
<i>Cuadro 24 Total residuos generados estrato 2</i>	55
<i>Cuadro 25 Total residuos generados estrato 3</i>	56
<i>Cuadro 26 Total residuos generados estrato 4</i>	56

Lista de anexos

<i>Anexo 1 Registró participantes por estratos del estudio1</i>	88
<i>Anexo 2Rocedimiento específico para la caracterizacion de los residuos en el municipio de bochalema norte de santander2</i>	92
<i>Anexo 3 Mapa ruta de recolección de residuos sólidos de Bochalema norte de Santander</i>	112

Introducción

La problemática actual del manejo de residuos sólidos es de gran importancia en todos los asentamientos urbanos, ya que una buena planificación y coordinación de todo el sistema asegurara una sostenibilidad y buena prestación del servicio a los usuarios. En el presente trabajo se realizó la caracterización de residuos sólidos del municipio de Bochalema Norte de Santander, con la finalidad de generar una base de información actualizada, importante para la planeación del servicio de aseo que se presta actualmente; además del rediseño la micro-ruta bajo lineamientos heurísticos para una mejora de rendimiento del camión compactador. Los planos de la ruta que antes realizaba el carro compactador por razones de expansión urbana, no cubrían la totalidad de cobertura en el casco urbano, para esto se realizó previamente un estudio de demanda que consistió en recoger información de las variables incidentes para el recorrido del vehículo recolector como las pendientes topográficas, expansiones urbanas, el estado y sentido de las vías. Trazando en el mapa urbanístico dicho recorrido; asimismo se llevó a cabo un programa de caracterización física para los residuos sólidos domiciliarios urbanos, para la obtención de las muestras se calcularon manualmente con la ecuación tamaño de la muestra en poblaciones finitas y por medio de un aplicativo consultado en diferentes páginas web de estadística, para la obtención y corrección de la muestra real, adicionalmente se empleó la ecuación del Dr. Kunitoshi Sakurai CEPIS/OPS, para emplear un ponderado de los resultados y calcular la muestra real a trabajar con cada estrato. Se propuso una metodología específica para realizar dicha caracterización en el municipio, dentro de esta la socialización a la comunidad y a los operarios fue de vital importancia para el desarrollo de dicha metodología. Se recolectaron los residuos generados durante una semana para cada estrato

socioeconómico, calculando la generación per cápita de residuos sólidos y la composición física de los mismos.

,

Como resultado de la socialización de la presentación de las muestras y participación de la comunidad, se concluye que existe la viabilidad de poder plantear metas a futuro en términos de cultura ciudadana y ambiental frente al servicio de recolección y aseo, incentivando programas de segregación en la fuente, reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos generados en el municipio.

1. Generalidades

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Descripción del problema

En la actualidad la generación de residuos sólidos va creciendo exageradamente, esta conlleva a un conjunto de problemas relacionados con la contaminación de los recursos naturales, aire, agua y suelo, generando la alteración paisajística y de ecosistemas, en consecuencia, afectando a la salud; causando un deterioro en la calidad de vida de las comunidades y una alteración a los recursos naturales. Este problema se amplifica cuando no se realizan los adecuados manejos de estos residuos.

1.1.2. Formulación del problema

La Unidad de Servicios Públicos del municipio de Bochalema no cuenta con una implementación actualizada del PGIRS que permita establecer los mecanismos para la gestión de los residuos sólidos. Actualmente el municipio dispone sus residuos sólidos al relleno sanitario Guayabal en la ciudad de Cúcuta, sin contar con una base de información primaria sobre la composición de los mismos, que sirva para establecer criterios para la toma de decisiones en la elaboración de planes o programas enfocados a el manejo, aprovechamiento y disposición de los residuos sólidos para el municipio. Por otra parte, las rutas de recolección del municipio de Bochalema no están diseñadas o estatuidas lo que provoca un deterioro en los recursos naturales, afección directa a la población y problemas de costos al mantenimiento.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

Realizar la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios urbanos y diseño del sistema de micro-rutas de recolección, como aporte para la mejora del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el municipio de Bochalema Norte de Santander.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Consecución de la información necesaria para la caracterización de los residuos sólidos del municipio y para el diseño de las rutas de recolección.
- Definir mediante una metodología estadística de muestreo estratificado proporcional el número de muestras representativas para la caracterización de los residuos sólidos por estrato.
- Proponer la metodología necesaria mediante el desarrollo de un “procedimiento específico” para la caracterización de los residuos sólidos del municipio de Bochalema Norte de Santander.
- Desarrollar el estudio de caracterización física de los residuos sólidos municipales, con base a la metodología planteada anteriormente.
- Determinar la composición física de los residuos sólidos generados y la producción per cápita de los mismos del municipio de Bochalema.
- Rediseño y reingeniería de la micro-ruta de recolección de residuos sólidos municipales bajo lineamientos heurísticos.

- Elaborar el mapa de micro-rutas de recolección de los residuos sólidos generados en el casco urbano del municipio de Bochalema.

1.3. Justificación

El acelerado crecimiento urbano ha generado problemáticas entre la posibilidad de una adecuada atención de aseo y la creciente demanda de dicho servicio. La caracterización de los residuos sólidos domiciliarios constituye una de las herramientas de información más importantes en la planeación de un servicio de aseo, en todas las fases u operaciones del servicio, desde el transporte hasta la disposición final, dependen de la cantidad y características de los residuos sólidos generados. Esta información debe de ser actualizada periódicamente ya que la dinámica de un asentamiento varía con respecto al tiempo; además será de vital importancia en la formulación de proyectos y programas de aprovechamiento de residuos sólidos para el municipio de Bochalema Norte de Santander, generando beneficios ambientales y económicos tras la generación de nuevas fuentes de trabajo y la disminución de la carga total de residuos dispuestos en el relleno sanitario.

El diseño de la ruta de recolección es fundamental para manejo eficiente de los residuos, el trazado técnico de esta ruta consigue prestar la totalidad de cobertura del servicio de recolección en el municipio de Bochalema, aumenta la calidad de vida de la población y generará mayores ingresos económicos al optimizar el recorrido y disminuir el consumo de combustible; además de la mejora de la relación entre la población y el municipio por la prestación del servicio. En temas de medio ambiente se logra la minimización de áreas de acumulación de residuos sólidos en diferentes áreas urbanas, existencia de malos olores, menor emisión de gases por el vehículo compactador, menor riesgo de contraer enfermedades; y por último mejoras en el ornato público.

La socialización y capacitación a los usuarios sobre manejo y presentación de los residuos sólidos es de suma importancia para generar una cultura ciudadana, buscando alternativas que

contribuyan al correcto manejo de sus residuos, incentivando a la segregación o separación en la fuente, el reciclaje y rehusó.

2. Marco referencial

2.1. Antecedentes

En Suramérica, uno de los casos exitosos corresponde al realizado en Lima (Perú) con el Proyecto Piloto de segregación en la fuente de residuos sólidos domiciliarios y recolección selectiva con tecnología alternativa. Dicho proyecto se elaboró con el fin específico de promover la disminución de la contaminación ambiental en diversas zonas del distrito a través del Programa Piloto de Segregación, recolección selectiva y comercialización de los residuos sólidos segregados, con importantes resultados. (Uriza 2016).

En Colombia desde hace casi medio siglo se ha intentado dirigir el manejo de residuos sólidos a través de la legislación, con la cual se pretende minimizar la problemática que afecta actualmente al medio ambiente y consecuentemente a la sociedad. La política nacional para la gestión de residuos sólidos se fundamenta, principalmente, en la constitución colombiana de 1991, ley 192 de 1994 y el documento CONPES 2750 del Ministerio del Medio Ambiente. (Rodríguez 2011).

“Flujo de residuos: Elemento base para la sostenibilidad del aprovechamiento de residuos sólidos municipales.”

Marmolejo (2009), menciona que en Colombia la fuente generadora más representativa de residuos sólidos son los predios residenciales. Además, nos dice que el compostaje es la opción de aprovechamiento de estos residuos más utilizada en el país, es indispensable la instauración de prácticas que reduzcan su contaminación previa al proceso y adicionalmente su acondicionamiento con materiales de soporte y enmienda. De no acometerse estas prácticas, se afectará la calidad de los productos y por ende su aplicación y mercadeo. Las actividades de muestreo y caracterización

deben articularse con la consulta de las tendencias de las demandas del mercado sobre los distintos tipos de materiales y así verificar la necesidad de desagregación de categorías.

“Programa manejo de residuos regional Norte de Santander.”

En la sede regional del Departamento Norte de Santander y sus Centros Zonales, las medidas de manejo de residuos sólidos se fundamentan en la importancia de la segregación en la fuente de las diferentes corrientes de residuos producidos en las dependencias existentes, para la cual se tiene implementada la separación en la fuente con puntos ecológicos mediante la aplicación del código de colores, sin embargo en las inspecciones efectuadas sobre los mismos se ha evidenciado como un factor intermitente un inadecuado proceso de segregación y separación en la fuente con la presencia de mezclas de residuos en todos los contenedores.(ICBF 2017).

“Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos.”

El objetivo del estudio realizado por (Cantanhede 2006) fue implementar mejoras o diseñar sistemas de manejo de residuos sólidos en una localidad, implicó conocer las características de esos residuos, tales como la generación per cápita, la densidad y la composición, en función al tipo de tratamiento que se pretenda dar a esos residuos. Ello requiere un estudio de caracterización de residuos sólidos en determinado número de viviendas, las que deberán ser representativas del universo de la población. La metodología estadística que se aplica en los estudios de caracterización en los países de la Región de América Latina y el Caribe es la diseñada por el doctor Kunitoshi Samurái en 1982. En los procedimientos estudiados se ha creído conveniente reforzar dicha metodología e incorporar análisis estadísticos que tienen que ver con la validación tanto del número de las muestras, como de los datos obtenidos en el muestreo de las viviendas. (Cantanhede 2006).

“Caracterización Y Potencial Del Reciclado De Los Residuos Sólidos Urbanos Generados En El Instituto Tecnológico De Tepic, Una Institución De Educación Superior.”

La finalidad de la investigación realizada por (Rosales-Flores 2012) fue conocer la cantidad de residuos que se generan en el campus del Instituto Tecnológico de Tepic (ITT), así como el potencial de la caracterización y reciclaje de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). (Rosales-Flores 2012).

Los productos de los RSU, fueron clasificados durante doce días dividiendo el área en dos zonas: “A”) denominada centro comunitario, se encuentran edificios académicos, edificios administrativos, biblioteca, baños, el comedor, cafetería, jardines y corredores; zona “B”), comprende edificios administrativos, académicos, laboratorios, talleres, baños, jardines y corredores. La cantidad total de RSU, generada durante este tiempo fue de 894.37 Kg. (Rosales-Flores 2012).

“Propuesta de rediseño de macro y micro rutas del sistema de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Tulcán.”

La propuesta realizada por (Martínez 2018) propone el rediseño de macro y micro rutas de recolección de residuos sólidos en la ciudad de Tulcan a través de la evaluación técnica del sistema actual. La aplicación de encuestas a los usuarios y un estudio de tiempos y movimientos permitieron obtener la base de información del sistema. A continuación, se determinó la producción per cápita y el peso específico de los residuos. Para determinar los puntos de muestreo, se realizó un análisis estadístico previo, obteniendo un peso específico de 225 kg / m³ y un PPC doméstico de 0.648 kg / Hab-día. Se diseñaron cuatro rutas macro divididas en 8 zonas operativas

con una generación de residuos promedio de 8.25 toneladas/ área siguiendo la metodología del Dr. Kunitoshi Sakurai. (Martínez 2018).

2.2. Marco contextual

El municipio de Bochalema se localiza en la Sub-región Sur-Oriental del Departamento Norte de Santander (definida en el Decreto No. 1454 de la Gobernación del Departamento), junto con los municipios de Toledo, Labateca, Herrán, Ragonvalia, Chinácota y Durania. Su cabecera municipal está localizada a los 7° 37' de latitud norte y 72° 39' de longitud oeste del meridiano de Greenwich. El territorio municipal limita por el norte con San Cayetano y Cúcuta, por el oriente con Los Patios y Chinácota, por el sur con Pamplonita, por el suroccidente con Cucutilla y por el occidente con Arboledas y Durania.

Imagen 1

Ubicación Bochalema Norte de Santander



Fuente: World map satélite

El territorio municipal está constituido por la cabecera Municipal (62 ha.), el Centro Poblado La Donjuana (37 ha.), además de 24 veredas, consideradas como las unidades básicas territoriales a nivel rural.

El municipio de Bochalema actualmente cuenta con 4 estratos socioeconómicos, se encuentra en proceso la actualización de la estratificación, cuenta con carro compactador y presta el servicio de recolección de residuos sólidos a aproximadamente 1456 usuarios, en los horarios de martes, jueves y sábado a partir de las 6 am, recolectando la totalidad de los residuos generados en el casco urbano del municipio de Bochalema.

Imagen 2. Anterior ruta de recolección de residuos solidos



Fuente: Unidad de Servicios Públicos.

El único plano de la ruta de recolección residuos sólidos para el municipio de Bochalema fue estipulado por ECOAMBIENTAL la anterior empresa prestadora del servicio de aseo, recorre el casco urbano del municipio, pero debido a expansiones urbanas no se plasmó el recorrido para las zonas de urbanización las vegas, la vereda la esmeralda y el barrio la granja, la unidad de servicios públicos presta actualmente este servicio con cobertura total de la población, la ruta estipulada anteriormente no se cumple en su totalidad debido a modificaciones a esta por parte del conductor,

por consideraciones propias para facilitar la recolección en distintos puntos del casco urbano y el difícil acceso en ciertos barrios y que la empresa no tuvo en consideración.

2.3. Marco conceptual

2.3.1 Caracterización de los residuos

Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de un residuo sólido, identificando contenidos y propiedades de interés con una finalidad específica. (RAS).

2.3.2 Clasificación de los residuos sólidos, por tipo de manejo

De acuerdo con (Rosemberg Estrada 2014) la clasificación de residuos sólidos por tipo de manejo es:

2.3.2.1 Residuos no peligrosos

Son aquellos producidos por el generador en cualquier lugar y en desarrollo de su actividad, que no presentan riesgo para la salud humana o el medio ambiente.

2.3.2.2 Biodegradable

Son aquellos restos químicos o naturales que se descomponen fácilmente en el ambiente. En estos restos se encuentran los vegetales, residuos alimenticios no infectados, papel higiénico, papeles no aptos para reciclaje, jabones y detergentes biodegradables, madera y otros residuos que

puedan ser transformados fácilmente en materia orgánica.

2.3.2.3 Reciclables

Son aquellos que no se descomponen fácilmente y pueden volver a ser utilizados en procesos productivos como materia prima. Entre estos residuos se encuentran: algunos papeles y plásticos, chatarra, vidrio, telas, radiografías, partes y equipos obsoletos o en desuso, entre otros.

2.3.2.4 Inerte

Son aquellos residuos que no se descomponen ni se transforman en materia prima y su degradación natural requiere grandes períodos de tiempo. Entre estos se encuentran: el icopor, algunos tipos de papel como el papel carbón y algunos plásticos.

2.3.2.4 Ordinarios o comunes

Son aquellos generados en el desempeño normal de las actividades. Estos residuos se generan en oficinas, pasillos, áreas comunes, cafeterías, salas de espera, auditorios y en general en todos los sitios del establecimiento del generador.

2.3.3 Disposición final de residuos

Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en

forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente. (Carmona 2015).

2.3.4 Separación en la fuente

Clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación. (Galindo 2013).

2.3.5 Micro-ruteo

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. (Marques 2010).

2.3.6 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. (HENAO 2015).

2.4. Marco teórico

2.4.1. Residuos sólidos municipales (RSM):

Los residuos sólidos municipales son aquellos provenientes de la generación residencial, comercial, institucional, industrial (pequeña industria y artesanía) y los residuos sólidos resultantes del barrido de calles de un conglomerado urbano y cuya gestión está a cargo de las autoridades municipales. El componente residencial o domiciliario está constituido por desperdicios de cocina, papeles, plásticos, depósitos de vidrio y metálicos, cartones, textiles, desechos de jardín, tierra, etc. (Acurio 1997).

2.4.2. Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS):

Un plan de gestión integral de residuos sólidos abarca todas las etapas del manejo de residuos sólidos, así como los aspectos técnicos, ambientales, económicos, institucionales y legales que le son afines. El PGIRS surge ante la necesidad de solucionar los problemas ambientales y el impacto negativo de los residuos sólidos urbanos en los cuerpos de agua y en los sistemas de saneamiento. (Rondón 2016).

2.4.3. Métodos Heurísticos:

Algunos lineamientos heurísticos que deberían ser tomados en consideración cuando se planean las rutas de recolección según (Márquez 2010), son las siguientes:

Existencia de políticas y regulaciones relativas a detalles como el punto de recolección y la frecuencia de recolección.

Características de los vehículos como son el tamaño del equipo y el tipo de camión que deben ser coordinados.

Cuando sea posible, las rutas deben ser planeadas para comenzar y terminar cerca de calles arteriales, usando barreras topográficas y físicas como fronteras de las rutas.

En áreas de colina, las rutas deben comenzar en la parte alta y continuar colina abajo, de tal manera que, cuando el camión esté totalmente cargado no tenga necesidad de ir cuesta arriba.

Las rutas deben ser planeadas para que el último contenedor a ser recolectado en la ruta esté localizado lo más cerca del sitio de disposición final.

Los desechos generados en las localidades de tráfico congestionado, deberían ser recolectados lo más temprano del día que sea posible, o en un horario en el que el tráfico afecte lo menos posible el recorrido del vehículo.

Las fuentes en las cuales cantidades extremadamente grandes de desechos sean generados, deben ser servidas durante la primera parte del día.

En puntos dispersos, en donde pequeñas cantidades de desechos sólidos son generados y que reciben la misma frecuencia de recolección, deberán, si es posible, ser servidos durante un viaje o en el mismo día.

2.4.4. Número de muestras:

En un programa de análisis por muestreo, la primera y más importante interrogante a responder es la referente al número de muestras. Si el número de muestras es muy pequeño, los resultados son de poca confiabilidad. Es necesario pues fijar un número mínimo de muestras tal que los resultados a obtener reflejen con cierto grado de confianza y reducido porcentaje de error las condiciones prevalecientes en el universo poblacional.

En el caso de que el objetivo principal del análisis sea la determinación de PPC de cada estrato socioeconómico (ingreso alto, medio, bajo, zonas marginales, etc.), se necesita tomar aleatoriamente el siguiente número de muestras (viviendas) del estrato en cuestión:

Cuadro 1

Numero de muestras para la determinación de ppc de cada estrato socioeconómico
(Nro. de viviendas a probar)

(1) Confiabilidad = 95%, Error permisible = 50gr/hab/día

Desviación estándar* de las muestras del estrado en cuestión (gr/hab/día)		50	100	150	200	250
Nro. total de viviendas del estrato en cuestión	500	3.8	14.9	32.3	54.7	80.6
	1,000	3.8	15.1	33.4	57.9	87.6
	5,000	3.8	15.3	34.3	60.7	94.2
	10,000	3.8	15.3	34.5	61.1	95.1
	Más de 50,000	3.8	15.4	34.6	61.4	95.

Fuente: OPS / CEPIS.

Cuadro 2

Desviación estándar de variable Xi (Xi = PPC de la vivienda i)

Desviación estándar* de las muestras del estrado en cuestión (gr/hab/día)		50	100	150	200	250
Nro. total de viviendas del estrato en cuestión	500	14.9	54.7	108.3	164.8	217.2
	1,000	15.1	57.9	121.5	197.3	277.5
	5,000	15.3	60.7	134.6	234.3	356.8
	10,000	15.3	61.1	136.4	240.0	369.9
	Más de 50.000	15.4	61.4	137.9	244.7	381.2

Fuente: OPS / CEPIS.

Por ejemplo, si es permisible un error de 50 gr/hab/día en la estimación de PPC del estrato y cuyo número total de viviendas sea 500, y la desviación estándar de las muestras de este estrato medida a través del estudio anteriormente realizado tiene orden de 100 gr/hab/día, sería suficiente la toma de 15 ($15 > 14.9$) muestras (viviendas). Si no se cuenta con datos de estudios anteriores, se recomienda el uso de 200 gr/hab/día como desviación estándar. Es decir, se necesitan tomar 55 ($55 > 54.7$) muestras (viviendas) en vez de 15 (OPS / CEPIS).

2.4.5. Aplicativa muestra correcta:

El cálculo del tamaño de la muestra es uno de los aspectos a concretar en las fases previas de la investigación comercial y determina el grado de credibilidad que concederemos a los resultados obtenidos.

Una fórmula muy extendida que orienta sobre el cálculo del tamaño de la muestra para datos globales es la siguiente:

$$n = \frac{(K)^2 * P * Q * N}{e^2 (N - 1) + (K)^2 * p * q}$$

N: es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

k: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: un 95,5 % de confianza es lo mismo que decir que nos podemos equivocar con una probabilidad del 4,5%.

2.4.6. Los valores k más utilizados y sus niveles de confianza:

La extensión del uso de Internet y la comodidad que proporciona, tanto para el encuestador como para el encuestado, hacen que este método sea muy atractivo.

Cuadro 3 Valores k más utilizados y sus niveles de confianza

K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

Fuente: Feedback Networks.

e: es el error muestral deseado, es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella.

p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n: es el tamaño de la muestra (Feedback Networks 2001-2013).

2.4.7. Residuos sólidos municipales (RSM):

Los residuos sólidos municipales son aquellos provenientes de la generación residencial, comercial, institucional, industrial (pequeña industria y artesanía) y los residuos sólidos resultantes

del barrido de calles de un conglomerado urbano y cuya gestión está a cargo de las autoridades municipales. El componente residencial o domiciliario está constituido por desperdicios de cocina, papeles, plásticos, depósitos de vidrio y metálicos, cartones, textiles, desechos de jardín, tierra, etc. (Acurio 1997).

2.4.8. Plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS):

Un plan de gestión integral de residuos sólidos abarca todas las etapas del manejo de residuos sólidos, así como los aspectos técnicos, ambientales, económicos, institucionales y legales que le son afines. El PGIRS surge ante la necesidad de solucionar los problemas ambientales y el impacto negativo de los residuos sólidos urbanos en los cuerpos de agua y en los sistemas de saneamiento. (Rondón 2016).

2.4.9. Ruta de recolección

El término ruta ha sido utilizado en el manejo de residuos sólidos en diferentes formas. Como resultado, muchos modelos o aproximación a rutas de recolección de residuos sólidos han sido desarrollados, cada cual en diferentes direcciones a un único problema. Los problemas o modelos, pueden ser divididos dentro de tres categorías: macro-ruta, distribución y balance de la ruta y la micro-ruta.

La micro-ruta ve en detalle cada recolección diaria del área de servicio para determinar el camino que el vehículo recolector podría seguir, como la recolección de cada servicio en su ruta. El objetivo es minimizar el manejo de tiempo en la recolección de la ruta a través de la minimización de las distancias muertas (por ejemplo, calles con segmentos que no tienen servicios o que están atravesados más de una vez), retroceso de los vehículos, vueltas en U, vueltas a la izquierda, recolección en las calles grandes durante las horas de mayor afluencia de tráfico y otros tiempos que atrasan el servicio.

2.4.10. Aproximación heurística a una micro-ruta:

Tradicionalmente hay tres aproximaciones para resolver el problema de la micro-ruta: determinístico, determinístico heurístico y heurístico.

La aproximación determinística podría buscar resolver el problema a la micro ruta mediante el desarrollo de un modelo matemático. Este modelo podría siempre determinar el valor óptimo basado dentro de los datos requeridos. Hasta la fecha los modelos determinísticos no han sido desarrollados completamente. Así, no hay modelos que consideren todos los factores pertinentes a la ruta y que garanticen la óptima solución, aunque se eliminen todas las posibles alternativas. Hay tres razones para esto: Primero es bastante difícil para cuantificar todos los factores pertinentes. Segundo, esto podría ser probablemente costoso y tomar mucho tiempo para investigar todas las soluciones posibles, aunque se cuente con tecnología de punta. Y la tercera, la recolección

de la ruta es por si misma subjetiva porque intervienen muchas variables dinámicas tal que la solución óptima quizás cambie frecuentemente.

Al aplicar la aproximación determinística - heurística intenta resolver el problema de la micro ruta usando una computadora para examinar muchas alternativas posibles y seleccionar la mejor alternativa basado en algunos algoritmos heurísticos. La aproximación heurística distribuye el problema de la micro ruta usando un procedimiento para desarrollar una ruta de recolección aceptable sin examinar demasiadas alternativas. (Cerrón 2001).

2.4.11. Recolección convencional:

Para el establecimiento de las frecuencias y los horarios, deben tenerse en cuenta en especial las vías en función de su uso, la frecuencia de barrido de vías y áreas públicas y las particularidades de las zonas urbanas que se van a servir, así:

- Recolección de residuos, barrido manual y mecánico de vías Tipo de vías existentes (principales y secundarias, con separadores, estado de la vía) en los municipios y de alto tráfico vehicular y peatonal.
- Uso del suelo (residencial, comercial, industrial, etc.).
- Hospitales, clínicas y entidades similares de atención a la salud.
- Recolección en zonas industriales.
- Zonas de difícil acceso.
- Cualquier otro gran generador.

- Caminos peatonales.
- Plazas públicas.
- Barreras geográficas naturales o artificiales.

En municipios con sistemas de complejidad baja y media, las frecuencias de recolección de los residuos sólidos obtenidos en el proceso de barrido de vías y limpieza de áreas públicas, podrán realizarse simultáneamente con las frecuencias de recolección de los residuos presentados por los usuarios del servicio ordinario, para lo cual las cuadrillas de barrido deberán diseñarse con base en las micro-rutas de recolección de residuos presentados por los usuarios del servicio de aseo. (Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Económico).

2.4.12. Métodos Heurísticos:

Algunos lineamientos heurísticos que deberían ser tomados en consideración cuando se planean las rutas de recolección según (Márquez 2010), son las siguientes:

- Existencia de políticas y regulaciones relativas a detalles como el punto de recolección y la frecuencia de recolección.
- Características de los vehículos como son el tamaño del equipo y el tipo de camión que deben ser coordinados.
- Cuando sea posible, las rutas deben ser planeadas para comenzar y terminar cerca de calles arteriales, usando barreras topográficas y físicas como fronteras de las rutas.

- En áreas de colina, las rutas deben comenzar en la parte alta y continuar colina abajo, de tal manera que, cuando el camión esté totalmente cargado no tenga necesidad de ir cuesta arriba.
- Las rutas deben ser planeadas para que el último contenedor a ser recolectado en la ruta esté localizado lo más cerca del sitio de disposición final.
- Los desechos generados en las localidades de tráfico congestionado, deberían ser recolectados lo más temprano del día que sea posible, o en un horario en el que el tráfico afecte lo menos posible el recorrido del vehículo.
- Las fuentes en las cuales cantidades extremadamente grandes de desechos sean generados, deben ser servidas durante la primera parte del día.
- En puntos dispersos, en donde pequeñas cantidades de desechos sólidos son generados y que reciben la misma frecuencia de recolección, deberán, si es posible, ser servidos durante un viaje o en el mismo día.

2.4.13. Procedimiento prueba estándar para Determinación de la composición de productos sin procesar Residuos sólidos urbanos:

- Asegure un área plana y nivelada para descargar la carga del vehículo. La superficie debe limpiarse o cubrirse con una lona limpia y duradera antes de descargar la carga.

- Coloque la báscula sobre una superficie limpia, plana y nivelada y ajuste el nivel de la báscula si es necesario. Determine la precisión y el funcionamiento de la báscula con un peso conocido (es decir, de referencia).
- Pese todos los contenedores de almacenamiento vacíos y registre los pesos de tara.
- Determine el número de muestras a clasificar. La determinación es una función de los componentes de desecho clasificados y la precisión deseada aplicada a cada componente.
- Se recomiendan pesos de 200 a 300 lb (91 a 136 kg) para clasificar las muestras de desechos sólidos no procesados.
- En la Tabla 1 se proporciona una lista completa de los componentes de desecho para la clasificación. En la Tabla 2 se proporciona una descripción de algunas de las categorías de componentes de desecho. Se pueden definir y clasificar otros componentes de desecho, dependiendo del propósito de la determinación de la composición del desecho. La lista de la Tabla 1 se compone de los componentes más utilizados para definir e informar la composición de los desechos sólidos. Se recomienda que, como mínimo, se clasifique el complemento de las categorías justificadas a la izquierda en la Tabla 1. Desgloses similares de la composición de los desechos sólidos están, por lo tanto, disponibles para fines de comparación, si se desea. Etiquete los contenedores de almacenamiento en consecuencia.
- Los vehículos para muestreo se seleccionarán al azar durante cada día del período de muestreo de una semana, o para ser representativos de la corriente de desechos según lo acordado por las partes afectadas. Con respecto a la selección aleatoria de vehículos, cualquier método es aceptable que no introduzca un sesgo en la selección. Un método aceptable es el uso de un generador de números aleatorios. Para un período de muestreo semanal de k días, el número de vehículos muestreados cada día será aproximadamente n

/ k, donde n es el número total de cargas de vehículos que se seleccionarán para la determinación de la composición de los desechos. Un período semanal se define como 5 a 7 días.

- Dirija el vehículo designado que contiene la carga de desechos al área asegurada para la descarga de la carga y la recolección de la muestra de clasificación
- Recopile cualquier información requerida del operador del vehículo antes de que el vehículo abandone el área de descarga. Indique al operador del vehículo que descargue la carga sobre la superficie limpia en una pila contigua, es decir, para evitar espacios en la carga descargada con el fin de facilitar la recolección de las muestras.
- Utilizando un cargador frontal con al menos un cucharón de 1 yd³ (0.765 m³), retire el material longitudinalmente a lo largo de un lado completo de la carga descargada para obtener una sección transversal representativa del material. La masa de material será suficiente para formar una masa de material que, visualmente, sea al menos cuatro veces el peso deseado de la muestra de clasificación (es decir, aproximadamente 1000 lb (454 kg)). Mezcle, conecte y corte el material en cuartos, y seleccione un cuarto para ser clasificación de la muestra, utilizando un método de selección aleatorio o una secuencia acordada por todas las partes afectadas, con el fin de eliminar o minimizar el sesgo de la muestra. Si un artículo de gran tamaño (por ejemplo, un calentador de agua) compone un gran porcentaje en peso de la muestra de clasificación, agregue una anotación en la hoja de datos y péselo, si es posible. Los residuos sólidos no procesados son una mezcla heterogénea de materiales. Por lo tanto, se debe tener cuidado durante la aplicación de los procedimientos para la recolección de muestras a fin de obtener una muestra representativa.

- Se selecciona una muestra de clasificación de cada carga de vehículo de recolección designada para el muestreo. Toda manipulación y manipulación de la carga descargada y las muestras longitudinales y de clasificación se llevarán a cabo en superficies previamente limpiadas. Si es necesario, retire la muestra de clasificación a un área de clasificación manual segura. La muestra de clasificación se puede colocar en una mesa limpia para clasificar para la conveniencia del personal de clasificación. El área de clasificación debe ser una superficie plana, limpia y nivelada previamente.
- Coloque los contenedores de almacenamiento alrededor de la muestra de clasificación. Vacíe todos los recipientes de la muestra de clasificación, como frascos con tapa, bolsas de papel y bolsas de plástico con su contenido. Separe cada elemento de desecho y colóquelo en el contenedor de almacenamiento apropiado.
- En el caso de elementos compuestos que se encuentran en los desechos, separe los materiales individuales cuando sea práctico y coloque los materiales individuales en los contenedores de almacenamiento apropiados.
- Cuando no sea práctico, separe los elementos compuestos para que el jefe de equipo los clasifique de acuerdo con el siguiente orden:
- Si hay muchos elementos compuestos idénticos (por ejemplo, conductor eléctrico de aluminio con cubierta de plástico), colóquelos en los contenedores de componentes de desecho correspondientes a los materiales presentes en el elemento y en las proporciones aproximadas de acuerdo con la fracción de masa estimada de Cada material en el artículo.
- Si solo hay unos pocos de los artículos compuestos idénticos, colóquelos en el contenedor de almacenamiento correspondiente al material que comprende, sobre una base de peso, la

mayoría del artículo (por ejemplo, coloque latas de bebidas bimetálicas en el contenedor ferroso).

- Si los artículos compuestos representan porcentajes de peso sustanciales de la muestra de clasificación, se debe establecer una categoría separada, por ejemplo, tejas compuestas para techos.
- Si ninguno de los procedimientos anteriores es apropiado, coloque los artículos (o proporciónelos) en el contenedor de almacenamiento etiquetado como "otro no combustible" u "otro combustible", según corresponda.
- La clasificación continúa hasta que el tamaño máximo de partícula de las partículas de desperdicio restantes es de aproximadamente 0.5 pulg. (12.7 mm). En este punto, distribuya las partículas restantes en los contenedores de almacenamiento correspondientes a los componentes de desecho representados en la mezcla restante. El reparto se realizará haciendo una estimación visual de la fracción de masa de los componentes de desecho representados en la mezcla restante.
- Registre los pesos brutos de los contenedores de almacenamiento y de cualquier artículo de desecho clasificado pero no almacenado en contenedores. La hoja de datos que se muestra en la Fig. 1 se puede utilizar para registrar pesos brutos y tara.
- Después de registrar los pesos brutos, vacíe los contenedores de almacenamiento y vuelva a pesarlos, si corresponde. Volver a pesar es importante y necesario si los contenedores se vuelven cargados de humedad, por ejemplo, a partir de desechos húmedos.
- Limpie el sitio de clasificación, así como el área de descarga de carga, de todos los materiales de desecho.(ASTM 2008).

2.5. Marco legal o normativo

2.5.1. Resolución 754 de 2014

Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos”. Este decreto se complementa con el 2981 de 2013 define el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos como el “instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos, basado en la política de gestión integral de los mismos, el cual se ejecutará durante un periodo determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluado a través de la medición de resultados. Corresponde a la entidad territorial la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización del PGIRS.

2.5.2. Acuerdo 287 de 2007.

“En el cual se establecen lineamientos para aplicar las acciones afirmativas que garantizan a inclusión de los recicladores de oficio en condiciones de pobreza y vulnerabilidad en los procesos de la gestión y manejo integral de los residuos sólidos”. Este Acuerdo tiene como objetivo orientar acciones encaminadas a la participación de los recicladores de oficio en el manejo integral de los residuos sólidos.

2.5.3. Resolución CRA 541 de 2011.

“Por la cual se decide la solicitud de verificación de la existencia de motivos que permitan la inclusión de cláusulas de áreas en Bogotá, Distrito Capital”. En esta resolución se abordan temas acerca de la disminución en la tarifa de aseo, que la recolección también comprende las áreas de servicio exclusivo y otras.

2.5.4. Auto 275 de 2011.

A fin de garantizar el cumplimiento de acciones afirmativas en favor de los recicladores se ordenó a la UAESP establecer (mediante el presente Auto) criterios que favorecieran a la población dedicada a la recuperación y transporte de residuos aprovechables, dichas acciones deberán estar divididas en genéricas y específicas, las primeras estarán presentes si excepción en todo proceso

que involucre la prestación de los diferentes componentes del servicio público de aseo y las ultimas dependerán de las características propias del componente de aseo sobre el cual se realicen. El presente Auto también enuncia que todas las acciones deben atender al contexto social y apuntaran a alcanzar la igualdad material para la población recicladora de oficio, así como la formalización de la actividad de aprovechamiento como vía para alcanzar la condición de empresarios de la basura.

2.5.5. Decreto 564 de 2012.

“Por el cual se adoptan disposiciones para asegurar la prestación del servicio público de aseo en el Distrito Capital en acatamiento a las órdenes impartidas por la Honorable Corte Constitucional en la Sentencia T-724 de 2003 y en los Autos números 268 de 2010, 275 de 2011 y 084 de 2012”. En este se hace explicito contar con Saneamiento Básico, la obligación de presentar separadamente los residuos, se estable el sistema para la remuneración a los recicladores entre otras disposiciones. 1.5.7. Resolución 799 de 2012 “Por la cual se establece el listado detallado de los materiales reciclables y no reciclables para la separación en la fuente de los residuos sólidos domésticos en el distrito capital”.

En la **resolución 799 de 2012** establece que los residuos deben ser separados en la fuente y se deben encontrar limpio y seco para su posterior disposición en bolsas de color blanco y ser entregado al Servicio Público de Aprovechamiento. El listado es el siguiente: papel y cartón

(archivo, envases de bebidas, cartón, kraft, plegadiza, periódicos y directorios), plástico (polietilentereftalato (PET), polietileno de alta densidad (PEAD), policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad (PEBD), polipropileno (PP), poliestireno (PS), vidrio, metales (aluminio, cobre, chatarra y varios), textiles.

2.5.5. Decreto 1077 de 2015.

El presente decreto es la compilación de decretos reglamentarios únicos del sector administrativo de Vivienda, Ciudad y Territorio. En este se encuentra el Decreto 2981 de 2013 “Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo” El presente decreto aplica al servicio público de aseo que trata la Ley 142 de 1994, a las personas prestadoras de residuos aprovechables y no aprovechables, a los usuarios, a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, a las entidades territoriales y demás entidades con funciones sobre este servicio”.

El presente decreto establece las directrices orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materia a sus componentes, calidad y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios. El artículo 3 enuncia los principios básicos para la prestación del servicio de aseo en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, los cuales son:

Continuidad

Calidad

Cobertura

Obtener economías de escala comprobables

Desarrollar una cultura de la no basura

Fomentar el aprovechamiento

Minimizar y mitigar el impacto en la salud y en el ambiente que se pueda causar por la generación de los residuos sólidos.

El capítulo III recolección y transporte establece que cuando el PGIRS establezca programas de aprovechamiento la recolección deberá ser separada. El artículo 31, 32, 33, 34 y 35 hablan acerca de los horarios de recolección, frecuencia, divulgación de frecuencias, rutas y horarios y cumplimiento de rutas respectivamente.

Este procedimiento se plasmó bajo diferentes lineamientos como el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS título F 2016, pautas del Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, políticas internacionales emitidas por la Agencia de Protección Ambiental Norteamericana EPA, documentos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS, el correspondiente Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS, cartografía de la zona, estratificación actual, rutas de aseo.

3. Metodología

3.1 Consecución de la información

La información primaria utilizada para este estudio fue recolectada de la unidad de servicios públicos y planeación municipal, donde se fueron suministrados planos del casco urbano, datos sobre usuarios, predios, estratos y sistema de recolección de residuos sólidos del municipio de Bochalema; además de la información recolectada en campo sobre estado de las vías, tráfico y pendientes topográficas en el estudio de demanda.

3.2 Tamaño de la muestra

Existen diversos métodos estadísticos para la determinación del número de muestras para realizar dicho estudio de caracterización, basándose en el tamaño de la población, para este estudio se determinará el tamaño de la muestra para cada estrato socioeconómico del municipio, bajo la ponderación de métodos como el propuesto por CEPIS/OPS, la ecuación para el cálculo del tamaño de la muestra para datos globales y con un aplicativo de muestra real que corrige el valor calculado bajo las condiciones similares a el muestreo del tamaño de la muestra para datos globales.

La metodología estadística de muestreo dada por la ecuación (1), asegura que cada vivienda de un estrato tiene la misma probabilidad de ser seleccionada. El muestreo para datos globales, se basa en una distribución normal que trabaja con las variables de probabilidad, el margen de error

y el nivel de confianza con el cual trabajar.

$$n = \frac{Z\alpha^2 * N * p * q}{i^2(N - 1) + Z\alpha^2 * p * q}$$

[Ec.1]

Dónde:

n=tamaño de la muestra

Z α = Correspondiente a la distribución de Gauss (1.96)

P y q=Prevalencia esperada del parámetro a evaluar.

i= error permisible

N=número total de viviendas

La ecuación (2), del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/OPS, Calcula el número de muestras para de cada estrato socioeconómico basándose en desviación estándar través de un estudio anteriormente calculado de en cuestión (gr/hab/día), en este caso como no se cuenta con datos de estudios anteriores de desviación estándar, se recomienda el uso de 200 gr/Hab/día como valor.

$$n = \frac{V^2}{\left(\frac{E}{1.96}\right)^2 + \frac{V^2}{N}}$$

[Ec.2]

Dónde:

$n = N$ de viviendas a probar aleatoriamente

$V =$ Desviación estándar de variables x_i ($x_i =$ PPC de la vivienda i) (gr/Hab/día)

$E =$ Error permisible en la estimación de PPC (gr/Hab/día)

$N =$ Número total de viviendas del estrato en cuestión

Las plataformas digitales con las que se pueden llegar a determinar el tamaño de la muestra de una población son numerosas, se recomienda utilizar un aplicativo que permita reajustar los datos empleados en los cálculos.

En muchas plataformas ya vienen establecidos valores estándar de nivel de confianza en relación con el factor K , para el estudio se utilizará un aplicativo de cálculo de muestra real consultado en Feedback Networks una plataforma para la recogida, análisis y gestión sistemática de datos. Ya con estos valores se realiza una ponderación de los resultados de cada método para utilizar este valor como la muestra real en dicho estudio.

Imagen 3 plataforma Feedback Networks

Experiencia

Calcular la muestra correcta

El cálculo del tamaño de la muestra es uno de los aspectos a concretar en las fases previas de la investigación comercial y determina el grado de credibilidad que concederemos a los resultados obtenidos.

Una fórmula muy extendida que orienta sobre el cálculo del tamaño de la muestra para datos globales es la siguiente:

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N-1)) + k^2 * p * q}$$

N: es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

k: es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos. El nivel de confianza indica la probabilidad de que los resultados de nuestra investigación sean ciertos: un 95,5 % de confianza es lo mismo que decir que nos podemos equivocar con una probabilidad del 4,5%.

Los valores k más utilizados y sus niveles de confianza son:

La extensión del uso de Internet y la comodidad que proporciona, tanto para el encuestador como para el encuestado, hacen que este método sea muy atractivo.

K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

e: es el error muestral deseado. El error muestral es la diferencia que puede haber entre el resultado que obtenemos preguntando a una muestra de la población y el que obtendríamos si preguntáramos al total de ella. Ejemplos:

p: es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que $p=q=0.5$ que es la opción más segura.

q: es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es $1-p$.

n: es el tamaño de la muestra (número de encuestas que vamos a hacer).

A continuación le facilitamos gratuitamente una aplicación para calcular el tamaño muestral. Introduzca los datos correspondientes a su investigación y pulse en "Calcular muestra":

N:

k:

e: %

p:

q:

n: es el tamaño de la muestra

Fuente: Feedback Networks

3.3 Procedimiento específico para la caracterización de los residuos sólidos del municipio de Bochalema Norte de Santander

La siguiente metodología se elabora por la recopilación de diversas bibliografías y documentos, que contribuyeron al planteamiento y construcción de un procedimiento específico Anexo # como herramienta para futuros estudios de caracterización de los residuos domiciliarios en Bochalema Norte de Santander. Esta se dividió en 3 etapas principales:

Etapla planificación.

Etapla trabajo de campo y operaciones

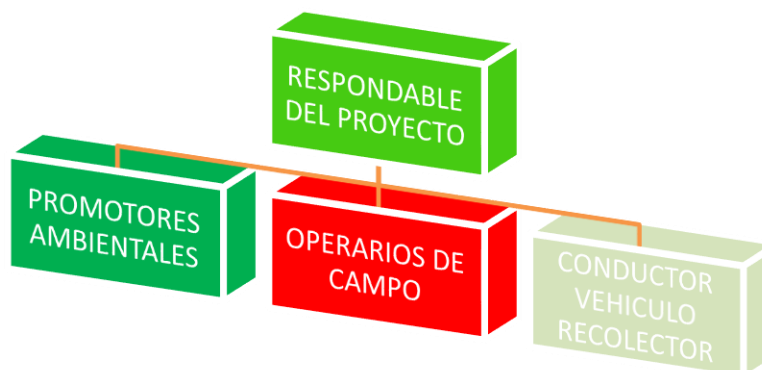
Etapla análisis de información

3.4 Estudio de caracterización física y producción per cápita de los residuos sólidos municipales

3.4.1. Etapa planificación

3.4.1.1 Conformación el equipo de campo.

Imagen 4 conformación equipo de trabajo



Fuente: Autor

La responsabilidad del proyecto recae sobre el ingeniero ambiental quien propone el proyecto, durante la pasantía realizada en la unidad de servicios públicos, el director de grado y la directora de la unidad de servicios públicos son quienes ayudaron a supervisar y coordinar las actividades a realizarse durante el estudio.

Los promotores ambientales quienes participaron en dicho grupo de trabajo fueron estudiantes de horas sociales de la alcaldía municipal, los cuales fueron capacitados en temas referentes con el manejo adecuado de residuos sólidos, PGIRS, aprovechamiento de residuos y además se les socializo la temática del proyecto y como serian actores importantes dentro de este, ya que ellos

son los que tienen el contacto directo con los usuarios, y son quienes deben entregar e impartir la información, de la forma más clara y concisa del desarrollo de dicho trabajo.

3.4.1.2 Aspectos logísticos.

3.4.1.2.1 Espacio físico.

El trabajo de segregación y pesaje de los residuos sólidos se realizó en el antiguo club de Leones, espacio que cuenta con acceso para el vehículo compactador, además de contar con una cubierta protectora que asegura las muestras a analizar de las lluvias, se encuentra alejado de las personas, evitando la proliferación de vectores y malos olores.

Imagen 5

Club de Leones Espacio para realizar el estudio



Fuente: Autor

3.4.1.2 Unidad vehicular para la recolección y transporte de los residuos sólidos.

Para el proyecto se contó con el único vehículo compactador que cuenta el municipio para prestar el servicio de recolección de residuos sólidos, este tiene una capacidad de 17 yardas cubicas.

Imagen 6

Unidad vehicular para la recolección y transporte de los residuos sólidos.



Fuente: Autor

3.4.1.3 Capacitación del equipo de campo:

Dentro del grupo de trabajo, los promotores fueron capacitados para manejar temas y conceptos básicos de la gestión de residuos sólidos, respondiendo a las preguntas ¿qué es un estudio de caracterización y para qué sirve?; además de explicar la metodología a utilizar para el desarrollo

del estudio durante los días de recolección de las muestras. Los operarios y el conductor del servicio de aseo recibieron también por su parte la capacitación necesaria, con recomendaciones sobre el trabajo de campo, aspectos de salud y seguridad con el manejo de los residuos sólidos, días de recolección, rutas y el manejo de las muestras.

Imagen 7

Capacitación a operarios del servicio de aseo



Fuente: Autor

3.4.1.4 Registros o formatos de información de campo.

Dentro del diseño y elaboración de registros, se realizó un registro que llevara información sobre el peso de cada componente además de peso total registrado, para obtener los datos y calcular la composición física y la producción per cápita de residuos sólidos.

Cuadro 4

Composición de residuos sólidos domiciliarios Bochalema norte de Santander

COMPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS BOCHALEMA NORTE DE SANTANDER		
Fecha:		Estrato: _____
COMPONENTE	PESO KG	PORCENTAJE TOTAL
Peso Total		
Residuos de comida		
Papel		
Plásticos		
Botellas PET		
Textiles		
Goma		
Cartón		
Residuos de jardín		
Madera		
Icopor		
Esponja		
Vidrio		
Latas de hojalata		
Aluminio		
Electrónicos		

Fuente: Autor

Además, se realizó el formato para registrar a los usuarios seleccionados, donde se registra información sobre dirección de la casa, estrato, cuantos habitantes residen y numero de teléfono.

Registro de usuarios por estrato

USUARIOS ESTRATO #

MUESTRA	NOMBRE PARTICIPANTE ACTIVO	#HAB	DIRECCION	BARRIO
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Fuente: Autor

3.4.2 Etapa trabajo de campo y operaciones***3.4.2.1 Invitación a la participación del estudio.***

Con el fin de informar a la comunidad en general sobre la realización del proyecto, se requirió elaborar una solicitud de información y perifoneo a la casa cural de la parroquia, quien cuenta con un megáfono donde se imparten boletines informativos a las personas.

3.4.2.2 Asignación de muestras.

Una vez calculado el tamaño de la muestra por estratos, se dispone a elegir aleatoriamente el número de predios por cada estrato, información suministrada por la unidad de servicios públicos, con esta se realizó un mapa de localización de la muestra, que facilitará la identificación de los predios seleccionados en el trabajo de campo de socialización, recolección y transporte de los residuos sólidos para su posterior análisis.

Los predios fueron localizados por medio del número predial de la vivienda y con la ayuda de la herramienta del geo-portal del IGAC, Se identificó en el plano urbanístico con color morado las viviendas de los usuarios del estrato uno, en color verde los del estrato 2, color amarillo estrato 3 y rojo para el estrato 4.

Imagen 8

Mapa Localización de muestras



Fuente: Autor

Cada promotor deberá realizar la visita a los respectivos predios identificados por estratos en el mapa urbanístico; de igual manera deberán explicar a los usuarios que los residuos sólidos serán presentados en 3 bolsas plásticas de distintos colores, esto con el fin de separar los residuos húmedos u orgánicos, la basura sanitaria y lo demás generado; evitando que contamine algún otro residuo recolectado antes de la segregación total, además evita la generación de malos olores ya que la bolsa de residuos orgánicos no se abrirá, se pesara normalmente.

Imagen 9

Socialización y entrega de bolsas plásticas a los usuarios



Fuente: Autor

3.4.2.3 Manejo de las muestras.

El operario, identifica y recolecta las muestras de los generadores por estrato, las muestras recolectadas son depositadas sin ser arrojadas en el vehículo compactador, se entrega las bolsas de la siguiente recolección al usuario. El operario deberá identificar a usuarios que no participan en el estudio como muestra, ya que podría alterar los resultados esperados para el estudio.

Imagen 10

Muestras de residuos sólidos a recolectar



Fuente: Autor

3.4.2.4 Pesaje de las muestras.

El pesaje de las muestras se realiza por los estratos, durante la primera semana de trabajo se recolectarán los residuos sólidos del estrato 1 y 2; así mismo para la semana 2 se recolectan los estratos 3, y 4, esto con el fin de facilitar el trabajo con la totalidad de las muestras.

Imagen 11 peso de los residuos sólidos recolectados



Fuente: Autor

3.4.2.5 Composición física de los residuos sólidos.

La composición física se realiza en el lugar anteriormente designado, para esto es importante asegurar la disponibilidad y uso de los equipos de protección personal como lo son las gafas, guantes, tapaboca, casco, botas de seguridad y bata de laboratorio, se cubre el suelo con un plástico de alta densidad. Se rompen las bolsas de los residuos en el plástico para la segregación, se distribuyen en las mismas bolsas usadas para la recolección y se realizó el pesaje de cada una de

las bolsas de los residuos separados, ingresando los datos en la ficha de registro de pesos, con las fechas y estratos de las muestras de la caracterización.

Imagen 12 Segregación de las muestras



Fuente: Autor

3.4.3 Etapa análisis de información

3.4.3.1 Estimación de la producción per cápita.

En escritorio se realizarán los cálculos necesarios para determinar la generación per capital y la generación total diaria de residuos sólidos, se utiliza el total de residuos recolectados por día de muestreo. Se pesa en los días de recolección estipulados la totalidad de las bolsas reconocidas durante los días que duró el muestreo, este peso representa la cantidad total de basura diaria generada en todas las viviendas.

Se debe registrar el número total de personas que han intervenido en el muestreo y el total de habitantes con el fin de calcular la producción per cápita para cada estrato. Para calcular la producción per cápita diaria promedio de las viviendas muestreadas está dada en kg / hab * día y se determina bajo la siguiente ecuación.

$$Produccion\ percapita\ (ppc) = \frac{1}{7} * \frac{\left(\frac{A1}{B1}\right) * P1 + \left(\frac{A2}{B2}\right) * P2 + \left(\frac{A3}{B3}\right) * P3 + \left(\frac{A4}{B4}\right) * P4}{P1 + P2 + P3 + P4}$$

Dónde: - P1, P2, P3 y P4 = Número de habitantes en las zonas comercial, residencial (ingreso alto), residencial (ingreso medio) y residencial (ingreso bajo), respectivamente. - A1, A2, A3 y A4 = Peso de la muestra de una semana completa tomada de cada una de las zonas arriba mencionada (gr/semana) - B1, B2, B3 y B4 = Número de habitantes correspondientes a la muestra tomada de cada zona arriba mencionada.

3.4.3.2 Estimación de la composición de residuos sólidos.

Para la estimación de la composición de los residuos sólidos se hará uso de una tabla de composición porcentual de residuos sólidos, la cual registra la composición física de los residuos sólidos generados durante los periodos y semanas de recolección para cada estrato respectivamente.

3.5 Rediseño de micro rutas

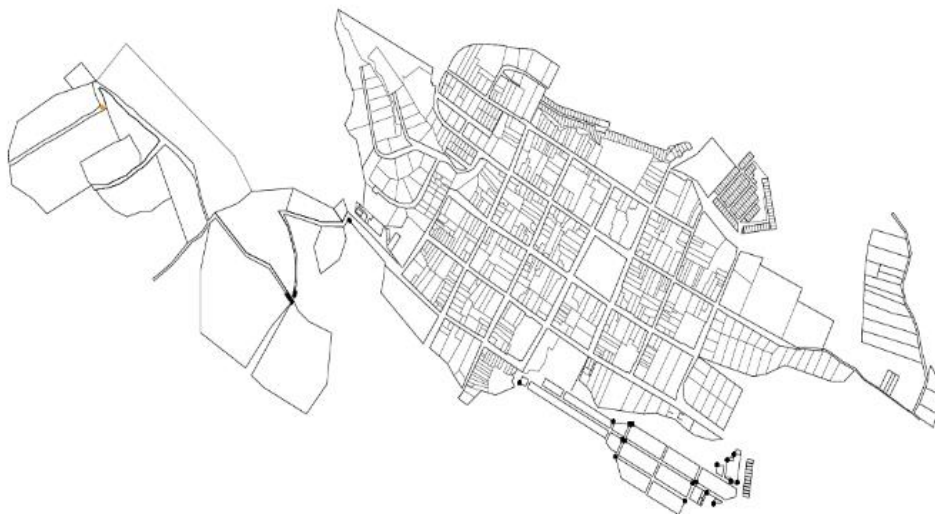
3.5.1 Estudio de demanda

Para el rediseño de la ruta de recolección, se realiza un estudio de demanda, recorriendo las calles del municipio empleando el mapa urbanístico, buscando recopilar datos incidentes en el trazado de la ruta, como lo son el sentido de las calles, pendientes, tráfico, estado de las calles, inicio y final de recorrido.

Durante el estudio de demanda se evidenció que los planos urbanísticos entregados por la alcaldía municipal no contaban con alguna información actualizada de expansiones que existen en la zona rural por tal motivo, se precedió a realizar la actualización de las vías existentes hacia las expansiones urbanas existentes, además de recolectar la información en campo sobre número de viviendas por manzanas, ya que no se cuenta con esta información.

Imagen 13

Mapa casco urbano Bochalema



Fuente: Autor

Durante el recorrido por el casco urbano se identificaron las vías que se encontraban en buen y mal estado, con o sin pavimentación; seguidamente se graficaron en un mapa la tendencia de las pendientes topográficas del municipio.

Imagen 14

Estudio de demanda



Fuente: Autor

3.5.2 Trazado bajo principios heurísticos

Al momento de establecer la capacidad del vehículo recolector y las frecuencias de recolección, se requiere determinar el volumen de los residuos generados, para ello, se divide cada dato de composición por tipo de residuo, entre el peso específico del cuadro 6 en kg/, para cada uno de los componentes que establece el RAS 2000 Título F.

Para el trazado de la micro ruta de recolección, se implementan los lineamientos heurísticos, el recorrido de esta será indicado con una línea con flechas continua, por donde el vehículo compactador realiza la respectiva recolección al momento de transitar y punteada por donde transita pero no recolecta en su trayecto. Este comenzará desde el punto más cercano al garaje, deberá recolectar la totalidad de los residuos del municipio de Bochalema, y dirigir a su disposición final en el relleno sanitario guayabal.

Cuadro 15

Peso Unitario para Residuos Sólidos

Tipos de residuos	Peso unitario (Kg./m3)
Residuos de comida	191
Papel	89
Plásticos	65
Botellas PET	65
Textiles	65
Goma	131
cartón	50
Madera	237
Vidrio	196
Aluminio	160
Latas de hojalata	89
Jardín	59

Aparatos	181
-----------------	-----

Fuente: Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico Ras-2000

4. Resultados y análisis de resultados

4.1 Obtención de la información necesaria

Se obtuvieron los datos de los usuarios del servicio de aseo por parte de la Unidad de Servicios Públicos del municipio, el plano urbanístico entregado por la oficina de planeación en medio magnético con el que se apoyó el trabajo de demanda realizado.

Cuadro 16
Usuarios del servicio de aseo municipio de Bochalema

ESTRATO	USUARIOS
1	710
2	354
3	297
4	95
TOTAL DE USUARIOS	1456

Fuente: Unidad de Servicios Públicos.

4.2 Determinación de la muestra

Empleando el método manual para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población para las siguientes condiciones:

$Z_{\alpha} = 1.96$ se toma este valor dada a la distribución normal de gauss.

p y $q = 0.5$ para p y q siendo esta opción más segura para el cálculo.

$i = 0.15$ y se toma un error permisible del 15%.

N = número total de viviendas para cada estrato

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * p * q}{i^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Para el estrato 1 utilizamos el Valor de N para el estrato:

$N = 715$ viviendas

$$n = \frac{(1.96)^2 * 715 * 0.5 * 0.5}{0.15^2(715 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * 0.5} = 46$$

Cuadro 17

Número de muestras método 1

ESTRATOS	NUMERO DE MUESTRAS N
1	46
2	46
3	47
4	47
TOTAL DE MUESTRAS	186

Fuente: Autor

Ahora con la ayuda de un aplicativo, llamado muestra real que se consultó en la página web feedbacknetworks. Se calculó la muestra para todos los estratos, con las mismas condiciones de cálculo variando el Número total de viviendas por estratos.

Imagen 13

Aplicativo muestra real

N:

k:

e: %

p:

q:

n: es el

Fuente: Feedback Networks.

Cuadro 18

Numero de muestras método muestra real aplicativo

USUARIOS	NUMERO DE MUESTRAS N
1	40.0
2	38.0
3	37.0
4	30.0
TOTAL DE MUESTRAS	145.0

Fuente: Autor

Además se calculó la muestra con la ecuación propuesta por el Dr. Kunitoshi Sakurai de la CEPIS/OPS con las siguientes condiciones de cálculo:

E= 50 gr/hab/día

V=200 gr/hab/día

Y para el estrato 1 con N=715 viviendas

$$n = \frac{725}{\left(\frac{50}{1.96}\right)^2 + \frac{200^2}{715}} = 56.6$$

Cuadro 19

Número de muestras método Dr. Kunitoshi Sakurai

USUARIOS	NUMERO DE MUESTRAS N
INGRESOS BAJOS	56.6
INGRESOS MEDIOS	52.4
INGRESOS ALTOS	50.9
INSTITUCIONAL	37.3
TOTAL DE MUESTRAS	197.2

Fuente: Autor

El análisis realizado concluye que con estos 3 métodos obtenemos valores semejantes, por lo cual se opta por realizar un promedio para obtener como 177 el total de muestras a caracterizar, 48 para el estrato 1, 46 para el estrato 2, 45 para el estrato 3 y 38 muestras para el estrato 4.

Cuadro 20

Comparación de métodos y muestra final

ANALISIS Y ELECCION DE MUESTRA POR ESTRATO

ESTRATO	METODO FORMULA 1	METODO APLICATIVO REAL	MUESTRA KUNITOS HI SAKURAI CEPIS/OPS	MUESTRA FINAL
1	46	40	57	48
2	46	38	52	46

3	47	37	51	45
4	47	30	37	38
TOTAL				177

Fuente: Autor

4.3 Resultados composición física

4.3.1 resultados composición física estrato 1

Durante la primera semana se registraron los pesos y se caracterizó por separado el estrato 1 y 2, se encontró que durante las 3 recolecciones los residuos sólidos se generan con mayor porcentaje con un promedio de un 80% con respecto a la totalidad de los demás residuos generados, el plástico siendo el más representativo de los demás residuos con un 7,0%.

Cuadro 21

Caracterización de residuos sólidos estrato 1

COMPONENTE	PESO KG	PORCENTAJE TOTAL
Peso Total	183,094	100%
Residuos de comida	148,042	80,9%
Papel	1,420	1,7%
Plásticos	2,624	7,0%
Botellas PET	2,142	2,6%
Textiles	0,398	0,2%
Goma	0,338	3,4%
Cartón	1,417	0,8%
Madera	0,030	0,0%
Icopor	0,099	0,1%
Latas de hojalata	0,259	2,6%
Aluminio	0,113	0,5%
Electrónicos	0,128	0,1%

Fuente: Autor

COMPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS BOCHALEMA NORTE DE SANTANDER ESTRATO 1

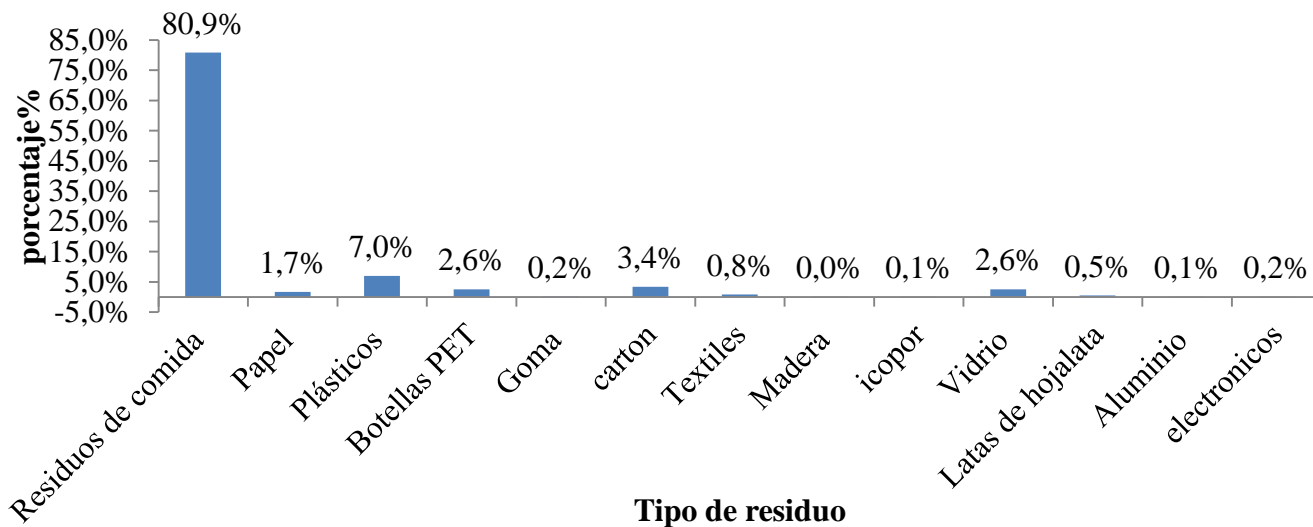


Figura 1. COMPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS BOCHALEMA NORTE DE SANTANDER
ESTRATO 1 23/09/2019

Fuente: Autor

4.3.2 resultados composición física estrato 2

Durante la primera semana se registraron los pesos y se caracterizó por separado el estrato 1 y 2, se encontró que durante las 3 recolecciones los residuos sólidos se generan con mayor porcentaje con un promedio de un 70.2% con respecto a la totalidad de los demás residuos generados, el plástico 7,2%, papel 6,03% y vidrio con un 6,26%.

Cuadro 22

Caracterización de residuos sólidos estrato 2

COMPONENTE	PESO KG	PORCENTAJE TOTAL
Peso Total	46,557	100%

Residuos de comida	118,309	67,0%
Papel	10,972	6,2%
Plásticos	12,854	7,3%
Botellas PET	10,745	6,1%
Goma	0,720	0,4%
Cartón	9,482	5,4%
Residuos de jardín	0,135	0,1%
Madera	0,412	0,2%
Icopor	1,193	0,7%
Vidrio	10,666	6,0%
Latas de hojalata	0,091	0,1%
Aluminio	0,251	0,1%
Electrónicos	0,379	0,2%
Textiles	0,487	0,3%

Fuente: Autor

COMPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS BOCHALEMA NORTE DE SANTANDER ESTRATO 2

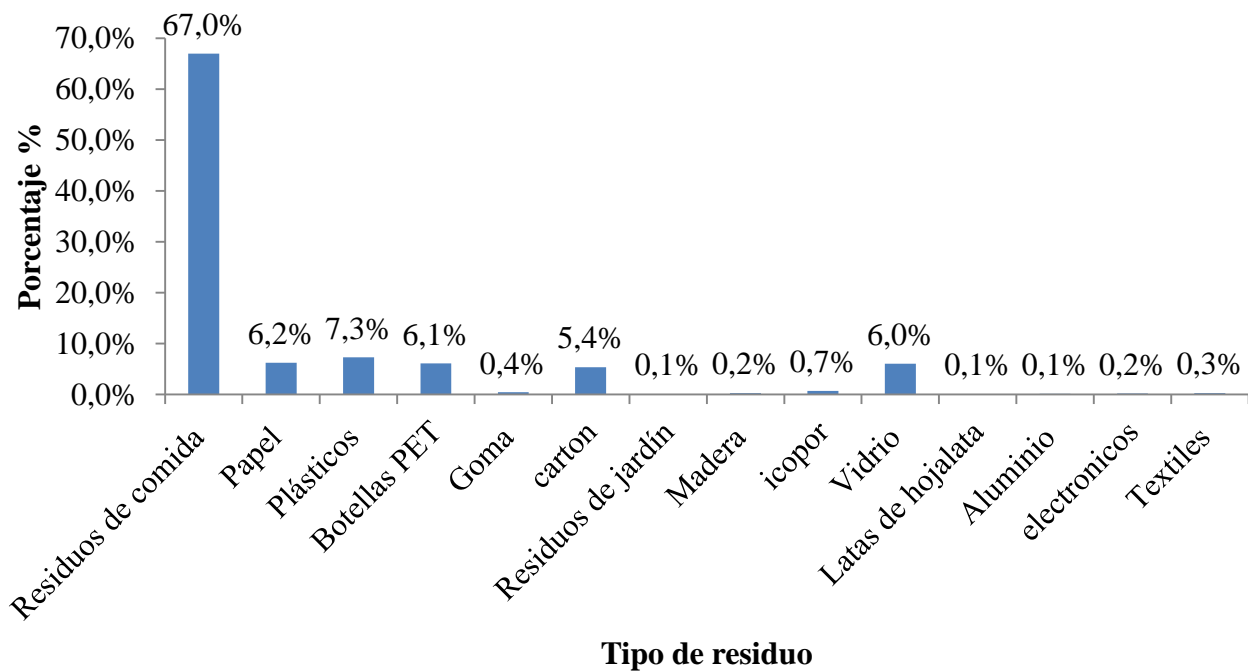


Figura 2. COMPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS BOCHALEMA NORTE DE SANTANDER
ESTRATO 2 23/09/2019

Fuente: Autor

4.3.3 resultados composición física estrato 3

Durante la segunda semana se registraron los pesos y se caracterizó por separado el estrato 3 y 4, se encontró que durante las 3 recolecciones los residuos sólidos se generan con mayor porcentaje con un promedio de un 73.06% con respecto a la totalidad de los demás residuos generados, el plástico 7,93%, cartón 6,1% y PET con un 4,2%.

Cuadro 21

Caracterización de residuos sólidos estrato 3

COMPONENTE	PESO KG	PORCENTAJE TOTAL
Peso Total	168,301	100%
Residuos de comida	123,007	73,1%
Papel	3,539	2,1%
Plásticos	13,015	7,7%
Botellas PET	7,079	4,2%
Goma	0,363	0,2%
cartón	10,119	6,0%
Residuos de jardín	4,234	2,5%
Madera	0,078	0,0%
Icopor	0,455	0,3%
Vidrio	5,630	3,3%
Latas de hojalata	0,512	0,3%
Aluminio	0,029	0,01%
Electrónicos	0,231	0,1%
Textiles	0,270	0,2%

Fuente: Autor

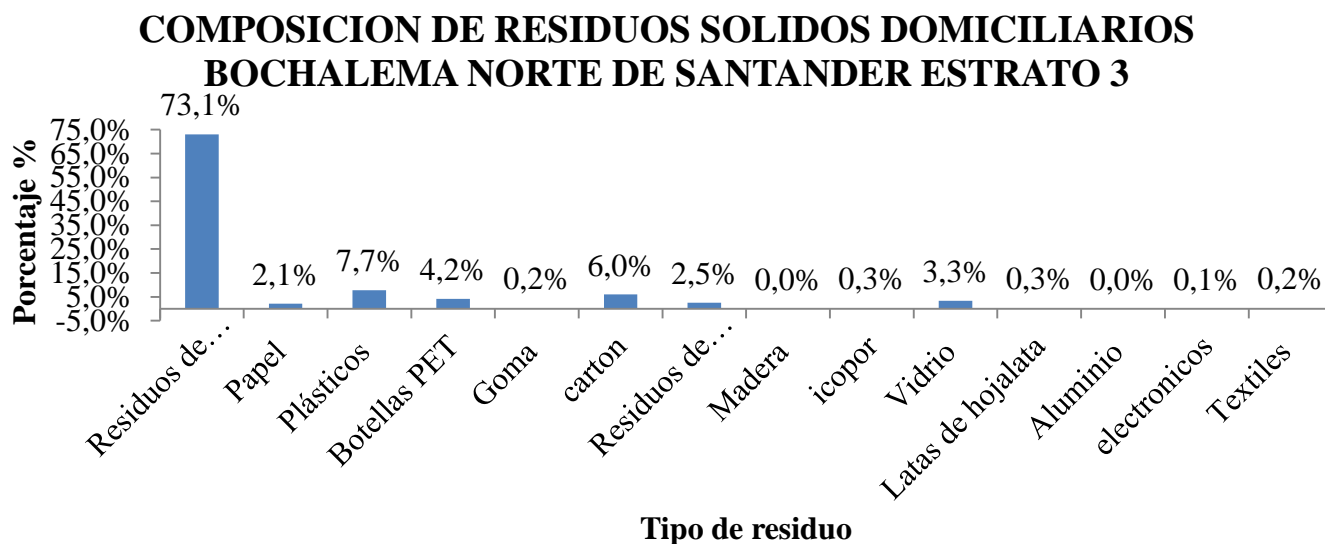


Figura 3. COMPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS BOCHALEMA NORTE DE SANTANDER
ESTRATO 3
Fuente: Autor

4.3.4 resultados composición física estrato 4

Durante la segunda semana se registraron los pesos y se caracterizó por separado el estrato 3 y 4, se encontró que durante las 3 recolecciones los residuos sólidos se generan con mayor porcentaje con un promedio de un 66.16% con respecto a la totalidad de los demás residuos generados, el cartón 9,43%, plástico 8,36% y vidrio con un 5,73%.

Cuadro 22

Caracterización de residuos sólidos 1/10/2019 estrato 4

COMPONENTE	PESO KG	PORCENTAJE TOTAL
Peso Total	138,800	100%
Residuos de comida	93,035	67,0%

Papel	5,116	3,7%
Plásticos	11,103	8,0%
Botellas PET	5,737	4,1%
Goma	1,499	1,1%
Cartón	7,394	5,3%
Residuos de jardín	0,326	0,2%
Madera	4,158	3,0%
Icopor	3,315	2,4%
Vidrio	4,901	3,5%
Latas de hojalata	0,097	0,1%
Aluminio	0,194	0,1%
Textiles	1,229	0,9%

Fuente: Autor

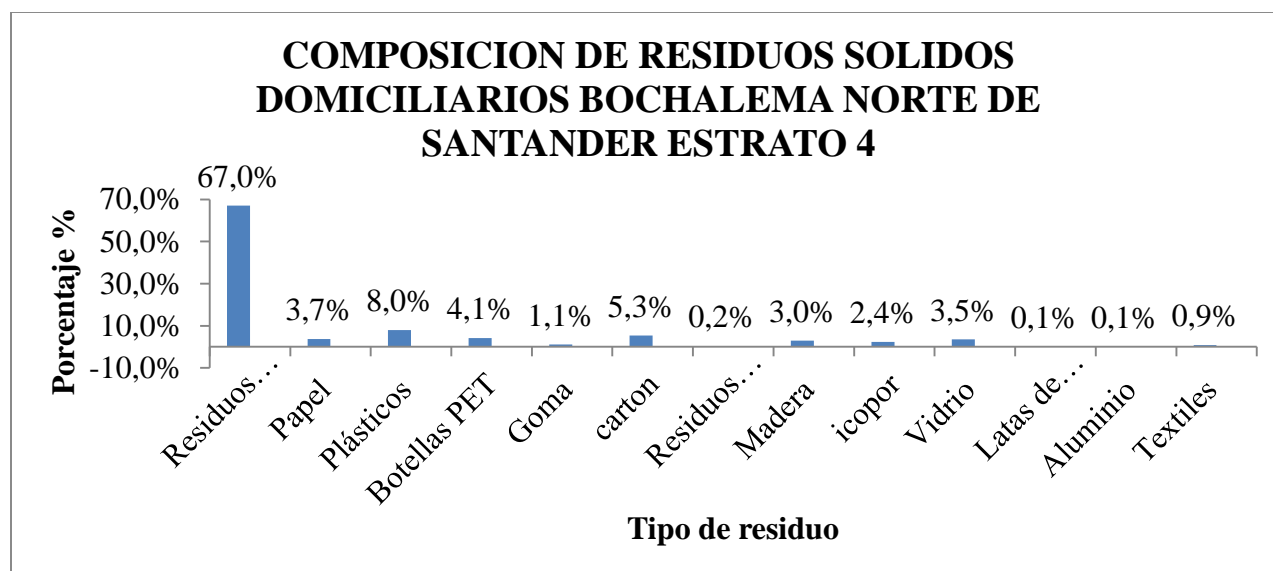


Figura 4. COMPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS BOCHALEMA NORTE DE SANTANDER ESTRATO 4

Fuente: Autor

4.4 Determinación de la generación per cápita

Teniendo en cuenta los datos Kg de residuos recolectados los días del estudio por estrato y la cantidad de habitantes muestreados y totales de cada estrato, se realiza el cálculo de producción per cápita para cada estrato.

Cuadro 25

Total residuos generados estrato 1

PRODUCCION BASURA DURANTE LA SEMANA ESTRATO 1			
DIA	MARTES	JUEVES	SABADO
PESO g	297.761,0	197.980,8	259.991
Habitantes Muestra		160	
basura a la semana		755.732,8	
Total habitantes estrato 1		1243	

Fuente: Autor

$$PPC \text{ estrato 1} = \left(\frac{755,732 \text{ Kg} / 7 \text{ dias}}{160 \text{ hab}} \right) = 0,67 \text{ Kg/hab} * \text{dia}$$

Cuadro 26

Total residuos generados estrato 2

PRODUCCION BASURA DURANTE LA SEMANA ESTRATO 2			
DIA	MARTES	JUEVES	SABADO
PESO g	218.830,00	178.115	193.174
Habitantes Muestra		140	
basura a la semana		590.119,00	
Total habitantes estrato 2		620	

Fuente: Autor

$$PPC \text{ estrato } 2 = \left(\frac{590.119 \text{ Kg} / 7 \text{ dias}}{140 \text{ hab}} \right) = 0,60 \text{ Kg/hab*dia}$$

Cuadro 27

Total residuos generados estrato 3

PRODUCCION BASURA DURANTE LA SEMANA ESTRATO 3			
DIA	MARTES	JUEVES	SABADO
PESO g	195.365	98.219	140.441
Habitantes Muestra		110	
basura a la semana		434.025,000	
Total habitantes estrato 3		520	

Fuente: Autor

$$PPC \text{ estrato } 3 = \left(\frac{434.025 \text{ Kg} / 7 \text{ dias}}{110 \text{ hab}} \right) = 0,56 \text{ Kg/hab*dia}$$

Cuadro 28

Total residuos generados estrato 4

PRODUCCION BASURA DURANTE LA SEMANA ESTRATO 4			
DIA	MARTES	JUEVES	SABADO
PESO g	64.377	52.227	50.716
Habitantes Muestra		40	
basura a la semana		166.78	
Total habitantes estrato 4		166	

Fuente: Autor

$$PPC \text{ estrato } 4 = \left(\frac{166.78 \text{ Kg} / 7 \text{ dias}}{40 \text{ hab}} \right) = 0,59 \text{ Kg/hab*dia}$$

Tomando la ecuación para producción per cápita ponderada del municipio se obtuvo:

$$PPC \text{ prom} = 1/7 \frac{\left(\frac{755.7}{160}\right)*1243 + \left(\frac{590,119}{140}\right)*620 + \left(\frac{434,025}{110}\right)*520 + \left(\frac{167.32}{40}\right)*166}{1243+620+502+166} = 0.60 \text{Kg/hab*día}$$

Tras los resultados obtenidos evidencia que el estrato 1 es quien genero más residuos sólidos durante la semana del estudio, además cabe resaltar que, para todos los estratos, los días de mayor generación son los martes, luego los sábados y el jueves siendo el día con menor generación de residuos sólidos.

4.5 Rediseño de la micro ruta de recolección de residuos sólidos domiciliarios

En los cuadros 29, 30, 31 y 32 se muestran los materiales que componen los residuos generados en cada uno de los estratos del municipio de Bochalema, así como su participación porcentual, el peso específico y el volumen de estos.

Cuadro 29

Composición residuos y generación en Toneladas y m3 estrato 1

Tipo de Residuo	Total generación (Kg/día)	Total generación (Ton/día)	Porcentaje (%)	Peso específico (Kg/m3)	Total generación (m3/día)
Residuos de comida	677,8873	0,678	80,9%	291	2,33
Papel	14,0805	0,014	1,7%	89	0,16
Plásticos	58,3596	0,058	7,0%	65	0,90
Botellas PET	21,5718	0,022	2,6%	65	0,33
Goma	1,5477	0,002	0,2%	131	0,01
Cartón	28,5181	0,029	3,4%	50	0,57

Textiles	6,9418	0,007	0,8%	65	0,11
Madera	0,1374	0,000	0,0%	237	0,00
Vidrio	21,7366	0,022	2,6%	196	0,11
Latas de hojalata	4,5744	0,005	0,5%	89	0,05
Aluminio	0,5174	0,001	0,1%	160	0,00
electrónicos	1,3188	0,001	0,2%	181	0,01
TOTAL	838,3911	0,837	100%	1619	4,58

Fuente: autor

Cuadro 30

Composición residuos y generación en Toneladas y m3 estrato 2

Tipo de Residuo	Total generación (Kg/día)	Total generación (Ton/día)	Porcentaje (%)	Peso específico (Kg/m3)	Total generación (m3/día)
Residuos de comida	236,8805	0,237	80,9%	291	0,814
Papel	4,9203	0,005	1,7%	89	0,055
Plásticos	20,3931	0,020	7,0%	65	0,314
Botellas PET	7,5380	0,008	2,6%	65	0,116
Goma	0,5408	0,001	0,2%	131	0,004
carton	9,9654	0,010	3,4%	50	0,199
Residuos de jardín	2,4257	0,002	0,8%	59	0,041
Madera	0,0480	0,000	0,0%	237	0,000
Vidrio	1,5985	0,002	0,5%	196	0,008
Latas de hojalata	0,1808	0,000	0,1%	89	0,002
Aluminio	0,4608	0,000	0,2%	160	0,003
electronicos	0,4021	0,000	0,1%	181	0,002
Textiles	0,4700	0,000	0,2%	65	0,007
TOTAL	292,966875	0,285	100%	1678	1,557

Fuente: autor

Cuadro 31

Composición residuos y generación en Toneladas y m3 estrato 3

Tipo de Residuo	Total generación (Kg/día)	Total generación (Ton/día)	Porcentaje (%)	Peso específico (Kg/m3)	Total generación (m3/día)
Residuos de comida	249,7732	0,250	66,96%	291	0,858
Papel	23,1640	0,023	6,21%	89	0,260
Plásticos	27,1373	0,027	7,27%	65	0,417
Botellas PET	22,6848	0,023	6,08%	65	0,349
Goma	1,5201	0,002	0,41%	131	0,012
Cartón	20,0183	0,020	5,37%	50	0,400
Residuos de jardín	0,2850	0,000	0,08%	59	0,005
Madera	0,8698	0,001	0,23%	237	0,004
Vidrio	22,5180	0,023	6,04%	196	0,115
Latas de hojalata	0,1921	0,000	0,05%	89	0,002
Aluminio	0,5299	0,001	0,14%	160	0,003
Electrónicos	0,8001	0,001	0,2%	181	0,004
Textiles	1,0282	0,001	0,3%	65	0,016
TOTAL	373,0395	0,371	100%	1678	2,446

Fuente: autor

Cuadro 32

Composición residuos y generación en Toneladas y m3 estrato 4

Tipo de Residuo	Total generación (Kg/día)	Total generación (Ton/día)	Porcentaje (%)	Peso específico (Kg/m3)	Total generación (m3/día)
Residuos de comida	66,5899	0,067	67,03%	291	0,229
Papel	3,6618	0,004	3,69%	89	0,041
Plásticos	7,9470	0,008	8,00%	65	0,122
Botellas PET	4,1063	0,004	4,13%	65	0,063
Goma	1,0729	0,001	1,08%	131	0,008
carton	5,2923	0,005	5,33%	50	0,106
Residuos de jardín	0,2333	0,000	0,23%	59	0,004
Madera	2,9761	0,003	3,00%	237	0,013
Vidrio	2,3727	0,002	2,39%	196	0,012
Latas de hojalata	3,5079	0,004	3,53%	89	0,039

Aluminio	0,0694	0,000	0,07%	160	0,000
Textiles	0,1389	0,000	0,14%	65	0,002
TOTAL	99,3463	0,098	100%	1497	0,638

Fuente: autor

De acuerdo con los valores de los cuadros anteriores, se establece una generación diaria de residuos sólidos de 9,22 m³ para el municipio de Bochalema norte de Santander, el vehículo compactador tiene una capacidad total de 13m³ y un peso específico de los residuos compactados: 300 kg/m³. Para el casco urbano se cuenta con información base de una población aproximada de 2525 habitantes.

Para desarrollar los datos necesarios para determinar las rutas de recolección, se determina el número de viajes por semana, con la siguiente operación:

$$\text{Vol / semana} = \frac{[(2525 \text{ Hab} \times 0.60 \text{ kg / hab} - \text{ día} \times 7 \text{ días / semana})]}{(300 \text{ kg / m}^3)} = 35.35 \text{ m}^3 / \text{ semana.}$$

Determinar el número de viajes requeridos por semana.

$$\text{Viajes/semana} = 35.5 \text{ m}^3 / (13 \text{ m}^3 / \text{ viaje}) = 2,7 \approx 3 \text{ viajes por semana.}$$

Imagen 14. Ruta de recolección estipulada



Fuente: Autor

Se analizó la ruta que se estipuló, esta recorre aproximadamente 13 Kilómetros. Las vías en su totalidad son de doble sentido y tienen un ancho promedio de 6 metros, se deja en el anexo 3 la ruta completa de recolección de residuos sólidos.

El plano de la ruta se traza bajo los lineamientos heurísticos estudiados y con la ayuda del trabajo de demanda, el sentido del tráfico es de doble sentido con anchura aproximada de 6 metros, se tuvo en cuenta para el trazado de esta ruta que el camión no pasara varias veces por la misma calle, sino que atravesara en su mayor parte la totalidad de las calles o carreras, se toman en cuenta el punto de partida que será el garaje del camión compactador, primeramente el recorrido comienza en la zona baja del casco urbano dirigiéndose al barrio las vegas, ya que este presenta una fuerte pendiente que deberá recorrer con la menor carga de residuos sólidos para evitar un mayor esfuerzo en el ascenso.

De allí el camión compactador se dirige a el barrio Cristo Rey para dar continuidad los barrios cercanos, seguidamente se dirige a la parte superior del casco urbano hacia el barrio la esmeralda que también cuenta con pendientes pronunciadas y una placa huella en buen estado que favorece

el recorrido del camión compactador, en este sector el ancho de la placa huella es menor que el de las calles del centro, se finaliza en el barrio la granja que es el barrio más cercano al punto de salida hacia la vía que conduce al camión compactador hacia su disposición final en el relleno la cortada de la ciudad de Cúcuta.

4.5.1 *Calculo de los tiempos de recolección y transporte*

El tiempo de descarga de los residuos en el sitio de disposición es 30 minutos y el tiempo de preparación y salida del vehículo en el parqueadero es de 15 minutos, valores constantes para la microrruta, por otro lado las manzanas se recorren con una distancia promedio de 0,36 km datos calculados por medio de Google Earth.

Cuadro 33

Cálculos de los tiempos empleados en la jornada de recolección

	Concepto	Distancia Km	Velocidad promedio de recorrido Km/h	Tiempo h
T0	Tiempo en el parqueadero	0	0	0.25
T1	Tiempo de desplazamiento del parqueadero a la microrruta	0	20	0,05
T2	Tiempo de recorrido de la microrruta	13	3	2

T3	Tiempo del fin de la microrruta BS1.1 al botadero	58	40	2
T4	Tiempo de descarga en el botadero	0	0	0,25
T5	Tiempo de desplazamiento del botadero al parqueadero	58	40	2
Tiempo total jornada de recolección				6,55

Fuente: autor.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

El procedimiento específico para la caracterización de residuos sólidos del municipio de Bochalema sirve de herramienta para planeación de futuras administraciones, con el fin de dar cumplimiento en la mejora del PGIRS del municipio de Bochalema, actualizando la información base de composición física de los residuos sólidos generados en el municipio.

La producción perca pita de residuos sólidos para el municipio fue de 0,60 Kg/Hab*día, Se logra evidenciar que la generación de residuos sólidos aumenta los días lunes y sábado en consideración al día jueves, para todos los estratos socioeconómicos, además se evidencia que el estrato 1 es el mayor generador de residuos en el municipio con respecto a los demás estratos.

Con el nuevo trazado de la micro ruta de recolección se podrán calcular parámetros como distancias totales recorridas y tiempos de recolección, que serán de suma importancia y relevancia para los cálculos de rendimiento en el sistema y de prestación del servicio.

En el Municipio de Bochalema, el principal componente de los residuos generados con un 80%, son los de origen orgánico (residuos de frutas, verduras, y elaboración de alimentos).

Como los residuos orgánicos poseen un alto porcentaje de generación, se recomienda utilizar este potencial para la elaboración de compost y humus, ya que las condiciones climáticas favorecen la producción de estos productos.

El estudio no solo registra datos cuantitativos de los residuos sólidos generados en el municipio de Bochalema, sino presenta las percepciones de la población que está totalmente de acuerdo en implementar un sistema integral de manejo de residuos sólidos en el municipio.

5.2 RECOMENDACIONES

La información base que posee la unidad de servicios públicos debe ser actualizada y llevada con un mejor orden para el manejo adecuada de la misma, ya que se presentaron diversos inconvenientes al momento de realizar cálculos ya que requirió validar y completar parte de la información utilizada como los mapas completos del casco urbano.

Generar jornadas de educación ciudadana, en donde se le explique a la comunidad la importancia de sacar sus residuos sólidos en los horarios y días establecidos Según la ruta del vehículo.

De acuerdo con las dinámicas y costumbres de la población, se propone sensibilizar a la comunidad en general sobre el aumento en la producción de residuos sólidos en el municipio, estableciendo programas aprovechamiento de los residuos orgánicos, ya que en promedio el 80% del total de residuos generados por los usuarios del servicio de aseo son de este tipo, también los resultados de las socializaciones a la comunidad muestran que la población está dispuesta a realizar separación de los residuos en la fuente, sin embargo no lo realizan debido a que no evidencian un aprovechamiento de estos.

Se debe estipular los usuarios catalogados como grandes generadores, estos deberán ser aforados, y establecer si se requiere una micro ruta especial para la recolección de sus residuos, además de establecer las tarifas de cobro según el aforo realizado.

5.3 REFERENCIAS

- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F., & Zepeda, F. (1997). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. InterAmerican Development Bank. Disponible en: <http://publications.iadb.org/handle/11319/4768>
- Rondón E., Szantó M, Pacheco J., Contreras E., Gálvez A. (2016) Guía general para gestión de residuos sólidos domiciliarios. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40407/1/S1500804_es.pdf
- Estrada Toledo Rosemberg De Jesús. (2014, septiembre 15). Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/caracterizacion-de-los-residuos-solidos-domiciliarios/>
- Carmona Erika, Echevarria Katheryn.(2015). LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y SUS PRINCIPALES DETERMINANTES PARA EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER 2007 – 2013: UN ESTUDIO DE CASO. Disponible en: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17820/10092080_2015.pdf?sequence=1
- Galindo Myriam (2013). MEJORAMIENTO DEL PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA CRISTIANA VISIÓN ÁGAPE DE CUMARAL META. Disponible en: https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10601/TRABAJO%20DE%20GRADO%20-%20MYRIAM%20GALINDO_%20final.pdf?sequence=1

- Henao Guzmán Bryan, Piedrahita Arana Jhonier.(2015). Diseño De Un Modelo De Ruteo De Vehículos Para La Recolección De Residuos Sólidos En El Municipio De Zarzal Valle Del Cauca. Disponible En: <Http://Bibliotecadigital.Univalle.Edu.Co/Bitstream/10893/9103/1/CB-0524924.Pdf>
- MÁRQUEZ PÉREZ JORGE NELSON (2010). MACRO Y MICRO RUTEO DE RESIDUOS SÓLIDOS RESIDENCIALES. Disponible En: <http://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/299/2/628.442M357.pdf>
- Cerrón Palomino Marco A. (2001). DISEÑO DE RUTAS OPTIMAS DE RECOLECCION DE RESIDUOSSOLIDOS DOMESTICOS MEDIANTE EL SOFTWARE MARS. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/iii-150.pdf>
- Rodríguez. R. Sara C. (2011). Residuos Sólidos En Colombia. Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/117>
- Uriza Suárez Nubia Esperanza. (2016). Caracterización De Los Residuos Sólidos Domiciliarios En El Sector Urbano De La Ciudad De Tunja Y Propuesta De Sensibilización Para Su Separación En La Fuente. Disponible en: <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2790/Nubia%20Uriza%20%20Tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- ICBF.(2017). PROGRAMA MANEJO DE RESIDUOS REGIONAL NORTE DE SANTANDER. Disponible En: https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/procesos/pg20.sa_programa_manejo_residuos_solidos_regional_norte_de_santander_v2.pdf

- Marmolejo Luis, Torres Patricia, Oviedo Edgar, Bedoya Diego, Amezquita Claudia, Klinger Rafael, Albán Fred, Díaz Luis.(2009). FLUJO DE RESIDUOS: ELEMENTO BASE PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. Disponible en: <https://www.redalyc.org/html/2913/291323541009/>
- Rosales-Flores M, Saldaña Durán C , Toledo Ramírez V, Maldonado L. (2012). CARACTERIZACIÓN Y POTENCIAL DEL RECICLADO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS GENERADOS EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TEPIC, UNA INSTITUCION DE EDUCACIÓN SUPERIOR.
- Cantanhede Alvaro, Monge Gladys, Alvarado Leandro, Caycho Carlos.(2006). PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS PARA LOS ESTUDIOS DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS. Disponible en: <http://revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/13553>
- Martínez Villarreal, F. B. (2018). Propuesta de rediseño de macro y micro rutas del sistema de recolección de residuos sólidos de la ciudad de Tulcán. 169 hojas. Quito : EPN.Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19136>
- Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Económico. Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico Ras-2000 : Titulo F Sistemas De Aseo Urbano.
- Tchobanoglous, George. Theisen, Hilary. Vigil, Samuel. Gestión Integral de residuos sólidos. Volumen I. Editorial Mc Graw Hill.1994.
- Sakurai Kunitoshi (2012). Metodo Sencillo Del Analisis De Residuos Solidos.

- OPS / CEPIS.Guía Para Caracterización De Residuos Sólidos Domiciliarios.

Disponible

En:

https://www.academia.edu/23969592/ANEXO_2_GU%C3%8DA_PARA_CARACTERIZACION_DE_RESIDUOS_S%C3%93LIDOS_DOMICILIARIOS

- (Feedback Networks 2001-2013). Calcular la muestra correcta. Reg. Merc. Nav., Tomo 898,

Folio 92, Hoja NA 18199. Recuperado de

<https://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calcul.html>

Anexo 2

Procedimiento específico para la caracterización de los residuos en el municipio de Bochalema norte de Santander

INTRODUCCION

En el presente documento se planea un procedimiento específico para la caracterización, determinación de los componentes y muestreo de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) generados en el municipio de Bochalema, que se disponen finalmente en el relleno sanitario GUAYABAL de la ciudad de Cúcuta.

Este procedimiento se plasmó bajo diferentes lineamientos como el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2016, pautas del Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, políticas internacionales emitidas por la Agencia de Protección Ambiental Norteamericana EPA, documentos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS, el correspondiente Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS, cartografía de la zona, estratificación actual, rutas de aseo.

Para la determinación de la muestra representativa de dicho estudio, se realizó una ponderación de varias metodologías empleadas para la obtención de una muestra.

MUNICIPIO DE BOCHALEMA Y SUS RESIDUOS

El municipio de Bochalema se localiza en la Sub-región Sur-Oriental del Departamento Norte de Santander (definida en el Decreto No. 1454 de la Gobernación del Departamento), junto con los municipios de Toledo, Labateca, Herrán, Ragonvalia, Chinácota y Durania. Su cabecera municipal está localizada a los 7° 37' de latitud norte y 72° 39' de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

El territorio municipal limita por el norte con San Cayetano y Cúcuta, por el oriente con Los Patios y Chinácota, por el sur con Pamplonita, por el suroccidente con Cucutilla y por el occidente con Arboledas y Durania

El territorio municipal está constituido por la cabecera Municipal (62 ha.), el Centro Poblado La Donjuana (37 ha.), además de 24 veredas, consideradas como las unidades básicas territoriales a nivel rural.

El municipio de Bochalema actualmente cuenta con 4 estratos socioeconómicos, se encuentra en proceso la actualización de la estratificación, cuenta con carro compactador y presta el servicio de recolección de residuos sólidos a aproximadamente 1456 usuarios, en los horarios de martes, jueves y sábado a partir de las 6 am, recolectando la totalidad de los residuos generados en el casco urbano del municipio de Bochalema.

PROCEDIMIENTO ESPECIFICO DE MUESTREO

El siguiente procedimiento se basa en la recopilación de diversas bibliografías y documentos que contribuyeron al planteamiento de dicho procedimiento. Este se dividió en 3 etapas principales:

- *Etapa planificación.*
- *Etapa trabajo de campo y operaciones*
- *Etapa análisis de información*

ETAPA PLANIFICACION.

1. IDENTIFICAR TAMAÑO DE LA MUESTRA

Existen diversos métodos estadísticos para la determinación del número de muestras para realizar dicho estudio de caracterización, basándose en el tamaño de la población, para este estudio se determinará el tamaño de la muestra para cada estrato socioeconómico del municipio, bajo la ponderación de 2 metodologías y el comparativo con un aplicativo de muestra real.

La metodología estadística de muestreo estratificado proporcional dada por la ecuación (1), en este método se asegura que cada vivienda de un estrato tiene la misma probabilidad de ser seleccionada. El muestreo aleatorio estratificado, se aplica para realizar afirmaciones a cerca de cada estrato o subpoblación separadamente y aumentar la precisión de las estimaciones en el

conjunto del área.

$$n = \frac{Z\alpha^2 * N * p * q}{i^2(N - 1) + Z\alpha^2 * p * q}$$

[Ec.1]

Dónde:

n=tamaño de la muestra

Z α = Correspondiente a la distribución de Gauss (1.96)

P y q=Prevalencia esperada del parámetro a evaluar.

i= error permisible

N=número total de viviendas

La ecuación (2), del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS/OPS, en este caso como no se cuenta con datos de estudios anteriores de desviación estándar, se recomienda el uso de 200 gr/hab/día como valor.

$$n = \frac{V^2}{\left(\frac{E}{1.96}\right)^2 + \frac{V^2}{N}}$$

[Ec.2]

Dónde:

$n = N$ de viviendas a probar aleatoriamente

V = Desviación estándar de variables x_i (x_i = PPC de la vivienda i) (gr/hab/día)

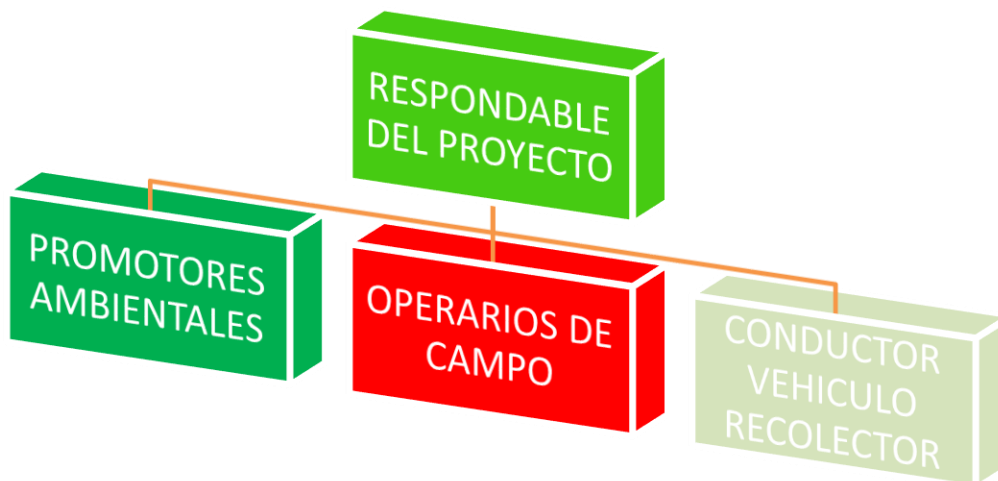
E = Error permisible en la estimación de PPC (gr/hab/día)

N = Número total de viviendas del estrato en cuestión

Las plataformas digitales con las que se pueden llegar a determinar el tamaño de la muestra de una población son numerosas, se requiere utilizar más que sea un solo aplicativo que permita reajustar los datos empleados en los cálculos, en muchas plataformas ya vienen establecidos valores estándar de error permisible, distribución y demás. Ya con estos valores se requiere realizar una ponderación de los resultados de cada método para utilizar este valor como la muestra real en dicho estudio.

2. CONFORMAR EL EQUIPO DE CAMPO.

Deberá existir un grupo de trabajo para llevar acabo el estudio de caracterización, entre los que tendremos al responsable del proyecto, el equipo de trabajo, los promotores o socializadores ambientales, operarios de campo y conductor del vehículo recolector.



El responsable será quien se encargará de liderar supervisar y monitorear la integridad del trabajo de campo, buscar alternativas de participación a los usuarios vinculados al proyecto, y además conformar el equipo de trabajo, este estará constituido por funcionarios, técnicos y estudiantes, que trabajen en la entidad encargada de prestar el servicio de aseo en el municipio, entre sus tareas estarán apoyar al responsable del proyecto para el desarrollo cumplimiento y desarrollo del mismo. El responsable además será quien capacitará a los promotores ambientales que aseguran la participación de los usuarios que conformaran la muestra.

Los operarios de campo serán los encargados de realizar la recolección de las muestras de los residuos sólidos, en conjunto con el conductor asegurarán el adecuado transporte de las muestras de residuos por las rutas y horarios de recolección establecidos.

3. ASEGURAR ASPECTOS LOGÍSTICOS.

a) Espacio físico.

El municipio deberá habilitar un espacio físico para realizar el acopio de las muestras, pesaje y clasificación de las mismas, con el fin de obtener los datos técnicos de acuerdo a la metodología del estudio empleada.

Para la identificación del espacio físico para desarrollar dicha actividad se deben considerar aspectos geográficos y tamaños de las muestras. El responsable del proyecto en conjunto con su equipo de trabajo deberá proponer el espacio físico, y realizar las correspondientes gestiones para coordinar y concretar el préstamo o alquiler del mismo.

El lugar propuesto por el equipo de trabajo y responsable deberá contar con un fácil acceso para el recibimiento de las muestras, contar con un cerco perimétrico o un espacio encerrado, contar con un techo según condiciones climáticas y un almacén provisional para el manejo de la muestra.

b) Unidad vehicular para la recolección y transporte de los residuos sólidos.

Se deberá contar con una unidad vehicular para la recolección y transporte de las muestras, este deberá contar con una capacidad de carga conforme a él volumen de las muestras del estudio.

c) Logística para la capacitación del equipo de campo.

La capacitación a los promotores ambientales es un elemento fundamental en la planeación y desarrollo del trabajo de caracterización de los residuos domiciliarios, entre los temas a tratar tenemos:

Residuos:

Los residuos son todos los desechos que producimos en nuestras actividades diarias, y de los que nos tenemos que desprender porque han perdido su valor o su utilidad.

Todas las actividades humanas, como la agricultura y ganadería, la explotación de los bosques, la industria o la actividad comercial, producen residuos. Sin embargo, la cantidad y naturaleza de éstos son muy distintas dependiendo de su origen. Por eso se suelen distinguir tres grandes grupos:

- **Residuos Sólidos Urbanos (RSU)** Los RSU son la basura que se produce diariamente en nuestras casas, comercios, oficinas, restaurantes y calles. También las fábricas producen algunos RSU en sus oficinas, almacenes o comedores. Son fundamentalmente papel, cartón, plásticos y restos de alimentos.
- **Residuos Tóxicos y Peligrosos (RTP)** Los RTP son los producidos en procesos industriales que deben ser gestionados de forma especial. En nuestras casas también tenemos este tipo de residuos: lejía, pinturas, aerosoles, disolventes, pilas. Se considera RTP tanto la sustancia como el recipiente que la contiene.

- **Otros residuos** Se consideran dentro de esta categoría los residuos que producimos en actividades industriales o de construcción y que no son RSU ni RTP, es decir, aquellos que no experimentan transformaciones físico-químicas ni biológicas una vez vertidos, como escombros, embalajes y escorias.

Gestión integral de residuos sólidos:

Es el instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos, fundamentado en la política de gestión integral de los mismos, el cual se ejecutará durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos sólidos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluado a través de la medición permanente de resultados. (Decreto 1077 de 2015 expedido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio).

Gestión de residuos

Se llama a todo el proceso que engloba las actividades necesarias para hacerse cargo de un residuo. La gestión de residuos comienza con la recogida de los mismos, su transporte hasta las instalaciones preparadas y su tratamiento intermedio o final. Este tratamiento puede ser el aprovechamiento del residuo o su eliminación.

¿Qué es el aprovechamiento?

Es la actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje por parte de la persona prestadora.

Esta actividad puede ser Las organizaciones de recicladores de oficio que estén en proceso de formalización como personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento, de acuerdo con lo establecido en la sección 3 del Decreto 596 de 2016.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 88 del Plan Nacional de Desarrollo “Todos por un nuevo país”, el MVCT expide el Decreto 596 de 2016 que, reglamentando el esquema de aprovechamiento y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio.

En que consiste la caracterización de residuos sólidos:

La caracterización de residuos es la actividad consistente en la determinación de la composición de un residuo en diferentes fracciones. Mediante éstas, podremos conocer con detalle qué se está depositando en la disposición final y en función de ello, tomar las medidas de manejo y gestión para estos residuos.

Beneficios de separar en la fuente:**Ambiental**

Al separar en la fuente evitamos que residuos aprovechables se contaminen y estos generen un mayor foco.

Sociales

Con la separación de residuos, se mejora la condición de trabajo de los recicladores o recuperadores informales, se dignifica su labor, se fortalecen y promueven los grupos de trabajo y los proyectos ambientales.

Económicos

Al aprovechar los residuos sólidos como materia prima de nuevos productos, se traducen los costos en la obtención de la misma y se convierte en unas alternativas de negocio para personas sin empleo o para los grupos organizados

Trabajo de campo caracterización

Para la socialización del estudio a los usuarios participantes, los promotores entregaran un folleto informativo en las casas de los usuarios para recordarles la mecánica de la fase de recolección de las muestras.

Bolsas para separación en la fuente:

Los promotores ambientales en la salida a campo explicaran a los usuarios como debe ser la presentación de los residuos domiciliarios para la recolección de los mismos, entregaran a los usuarios tres bolsas plásticas, con el fin de que los participantes a el estudio clasifiquen los residuos generados en 3 categorías principales:

La bolsa azul será para los residuos inorgánicos como: plásticos, cartón, papel, aluminio, tela, caucho, vidrio.



INORGANICO

La bolsa verde será para los residuos orgánicos como: restos de comida, huesos, cascara.



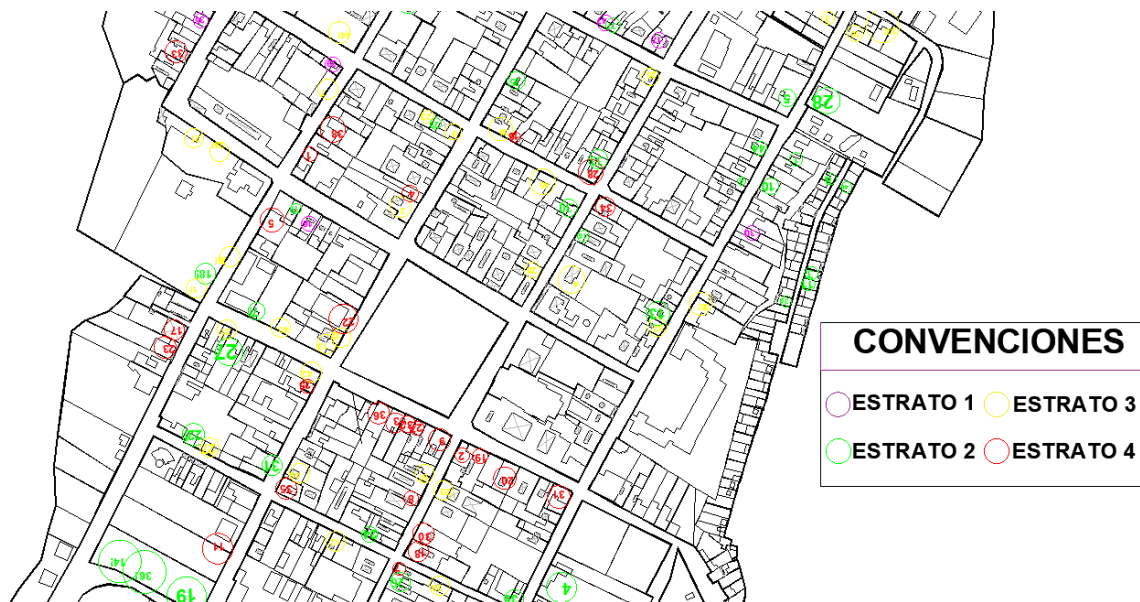
La bolsa blanca ser para los residuos del baño como: papel higiénico, toallas, pañales.



Además, se socializarán los horarios de recolección de las muestras casa a casa.

Zonificación:

se identificaron los predios de los usuarios participantes del estudio de caracterización y luego se plasmaron según su estrato en el plano urbanístico del municipio.



El estrato 1 cuenta con 48 muestras

El estrato 2 cuenta con 46 muestras

El estrato 3 cuenta con 45 muestras

El estrato 4 cuenta con 38 muestras

Se les entregará el mapa de identificación de predios, en físico o medio magnético a los promotores ambientales para que puedan guiarse en el trabajo de campo, y según el número de promotores ambientales se repartirán los predios a visitar.

Registro de formatos de información:

Durante la visita a los predios, los promotores ambientales diligenciarán un formato anteriormente entregado, para recolectar información útil para el análisis y estudio del proyecto. El formato

contendrá información acerca del participante activo dentro de la etapa de recolección y entrega de las muestras a los operarios en los horarios establecidos.

Entre la información recolectará se tendrá:

- Nombre del participante activo
- Número de habitantes por casa
- Número telefónico con el que se contara para realizar difusión de información por WhatsApp.

Obstáculos:

Dentro del trabajo de campo los promotores encontrarán dificultades o inconvenientes a lo largo del desarrollo del estudio, ellos tendrán la capacidad de manejar la situación y para dar continuidad a el mismo deberán seguir las siguientes recomendaciones:

- El promotor ambiental deberá mantener un comportamiento amable hacia los suscriptores al momento de llegar a los predios.
- Si un usuario no desea participar en la fase de muestreo, se deberá respetar su decisión y a continuación se deberá cambiar de predio, teniendo en cuenta que mantenga las mismas condiciones a la de la muestra seleccionada.

- Si el predio seleccionado se encuentra desocupado, se deberá cambiar de predio teniendo en cuenta que mantenga las mismas condiciones a la de la muestra seleccionada.
- El promotor ambiental deberá aclarar que la fase de recolección solo será para los usuarios seleccionados dentro del estudio.
- Si se presenta algún otro inconveniente con algún usuario se sugiere mantener la calma retirarse del lugar e informar a el responsable del proyecto.

Los registros y documentos que llevarán la evidencia del trabajo serán analizados para la elaboración del informe final del estudio.

d) Materiales y equipos para el estudio.

Los equipos y materiales necesarios para el estudio son los siguientes:

- Bolsas de 30 Lt en delante de colores verde, blanco y azul (para la recolección y separación en la fuente de los residuos)
- Balanza digital hasta 100 kg
- Plástico para la segregación de los residuos solidos recolectados
- Lapiceros, plumones gruesos, hojas bond, cinta, tijera, tableros para apuntes.
- Herramientas y materiales para la limpieza: escobas, detergentes, recogedores entre otros.
- Computadora
- Cámara fotográfica

- Carro compactador.
- Casco de protección.
- Pala (acero inoxidable o cromado).
- Baldes.
- Uniforme de operario: gorro, polo, buzo, zapatilla, guante y, mascarilla.
- Formatos impresos, cartas.

ETAPA TRABAJO DE CAMPO Y OPERACIONES

1. INVITACIÓN A LA PARTICIPACIÓN DEL ESTUDIO.

Consiste en encontrar estrategias para informar a futuro a la comunidad del municipio donde se realizará el estudio, siendo beneficioso coordinar con los promotores ambientales materiales didácticos o interactivos, con el fin de llegar de buena forma a los asistentes al estudio.

2. ASIGNACIÓN DE MUESTRAS.

El responsable del estudio asignara a cada promotor un número determinado de muestras, en función al total de las muestras a realizar por cada estrato generador.

3. REGISTRO DE LOS PARTICIPANTES DEL ESTUDIO

Este consiste en llevar un conjunto de datos de los generadores por estrato, que contendrá información como: nombre de la persona quien participará activamente en el estudio, dirección y número de habitantes en la vivienda.

4. PROCEDIMIENTO PARA EL MANEJO DE LAS MUESTRAS.

a. Recolección.

El operario anteriormente capacitado, identificara y recolectara las muestras de los generadores por estrato y entregará las bolsas de la siguiente recolección. es importante que el operario respete los horarios y las rutas anteriormente establecidas, así mismo el ultimo día de recolección se les deberá indicar a los participantes que la fase de campo ah concluido.

b. Traslado.

Las muestras recolectadas serán depositadas inmediatamente en la unidad vehicular encargada de transportar las muestras, se sugiere que se evite tirar las bolsas y se acomoden para evitar que se caigan en el trayecto.

c. Descarga.

Las muestras deberán ser descargadas sin tirarlas, en el lugar anteriormente indicado por el responsable del estudio, asegurándose que no queden residuos en la unidad vehicular.

5. Pesaje de las muestras.

El pesaje debe realizarse por los estratos de los generadores, y luego de la clasificación de los residuos se realizará por componentes de los mismos.

6. Composición física de los residuos sólidos.

El muestreo de los residuos sólidos para la composición física se realizará en el lugar anteriormente designado, para esto es importante asegurar la disponibilidad y uso de los equipos de protección personal. Se romperán las bolsas de los residuos en el plástico para la segregación, se distribuyen en las mismas bolsas usadas para la recolección y se realiza el pesaje de cada una de las bolsas de los residuos separados, se deben ingresar los datos en la ficha de registro de pesos, anotando las fechas y estratos de las muestras de la caracterización.

ETAPA ANALISIS DE INFORMACION

1. Estimación generación per cápita.

En escritorio se realizarán los cálculos necesarios para determinar la generación per capital y la generación total diaria de residuos sólidos, se utiliza el total de residuos recolectados por día de muestreo. Se pesa en los días de recolección estipulados (wyo) la totalidad de las bolsas

reconocidas durante los días que duró el muestreo, este peso representa (Wt) la cantidad total de basura diaria generada en todas las viviendas.

En función de los datos recopilados sobre número de personas por vivienda (nyo), se determina el número total de personas que han intervenido (Nt) en el muestreo, se divide el peso total de las bolsas (Wt) entre El número total de personas (Nt), para obtener la generación per cápita diaria promedio de las viviendas muestreadas por cada estrato (kg / hab / día).

$$\text{Generacion per capita para cada estrato (gpc)} = \frac{\text{peso total de residuos (Wt)}}{\text{Numero total de personas (Nt)}}$$

Para determinar la generación total diaria se multiplica la generación per cápita por el número de habitantes de la localidad.

$$\text{Generacion total diaria de residuos} = \text{gpc} \times \text{Nt} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{Dia}} \right)$$

2. Estimación de la composición de residuos sólidos.

Para la estimación de la composición de los residuos sólidos se hará uso de una matriz de composición porcentual de residuos sólidos, la cual expresa la composición física de los residuos sólidos en porcentajes de peso.

Anexo 3

Mapa ruta de recolección de residuos sólidos de Bochalema norte de Santander

