PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE RUTAS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, COMO APORTE A LA FORMULACIÓN DEL PGIRS, EN EL MUNICIPIO DE BAHÍA SOLANO, CHOCÓ

PRESENTADO POR:
ANGY MARCELA PINILLA PIRACHICAN
COD. 2115725

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.
2017

PROPUESTA TÉCNICA PARA EL DISEÑO DE RUTAS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, COMO APORTE A LA FORMULACIÓN DEL PGIRS, EN EL MUNICIPIO DE BAHÍA SOLANO, CHOCÓ

ANGY MARCELA PINILLA PIRACHICAN
COD. 2115725

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL EN MODALIDAD DE PASANTÍA

DIRECTOR:
DAVID ORJUELA YEPES

Administrador Ambiental
Magister en ciencias ambientales

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROYECTO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.
2017

Tabla de contenido

1 INTRODUCCIÓN 1

2 OBJETIVOS 2

3 MARCO REFERENCIAL 3

3.1 MARCO CONTEXTUAL 3

3.1.1 Características socioeconómicas 3

3.1.2 Caracterización Biofísica 3

3.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL 4

3.2.1 Definición de la teoría y conceptos 5

3.3 MARCO LEGAL 8

4 DESARROLLO DE LA PASANTíA 11

4.1 Diagnóstico del estado actual del sistema de gestión de residuos sólidos en el municipio de Bahía Solano, Chocó. 11

4.1.1 Diagnostico técnico operativo y de planeación. 11

4.2 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR URBANO DEL MUNICIPIO DE BAHÍA SOLANO 23

4.2.1 Metodología de campo 23

4.2.2 Análisis de datos 28

4.3 DISEÑO DE LAS RUTAS PARA LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS. 40

4.3.1 Diseño de las macrorrutas para el municipio de bahía solano, sector urbano 43

4.3.2 Calculo de las microrrutas 46

4.3.3 Horarios de recolección 48

4.3.4 Microrrutas de recolección de los residuos sólidos para la zona urbana del municipio de Bahía Solano 52

5 RESULTADOS OBTENIDOS 59

6 BIBLIOGRAFÍA 61

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Marco legal aplicable a tema de residuos sólidos en Colombia..... 9

Tabla 2. Frecuencia y días de recolección de los residuos sólidos en Ciudad Mutis y El Valle. 14

Tabla 3. Número de trabajadores contratados para hacer la recolección y transporte de los residuos sólidos en el municipio de Bahía Solano. 16

Tabla 4. Número trabajadores para la actividad de barrido de vías en el municipio de Bahía Solano. 19

Tabla 5. Ubicación de áreas públicas objeto de lavado 23

Tabla 6. Resultado número de muestras para Ciudad Mutis 28

Tabla 7. Resultados de la caracterización física Total de los residuos sólidos para el área urbana del municipio de Bahía Solano 34

Tabla 8. Resultados de la caracterización física de los residuos sólidos sector Domiciliario del área urbana del municipio de bahía solano 35

Tabla 9. Resultados composición física de residuos sólidos sector comercial del Municipio de Bahía Solano 36

Tabla 10. Resultados composición física de residuos sólidos sector institucional del Municipio de Bahía Solano 38

Tabla 11. Resultados de la caracterización física de los residuos sólidos de barrido y limpieza del área urbana en el Municipio de Bahía Solano 39

Tabla 12. Datos población y generación de residuos 41

Tabla 13. Composición residuos y generación en Toneladas y m3 41

Tabla 14. Parámetros para el diseño de las microrrutas **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 15. Horarios y frecuencias de operación de recolección propuestas ... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 16. Cálculos de los tiempos empleados en la jornada de recolección para la macrorruta M1 ..... **¡Error! Marcador no definido.**0

Tabla 17. Cálculos de los tiempos empleados en la jornada de recolección para la macrorruta M2 ..... **¡Error! Marcador no definido.**1

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación geográfica del municipio de Bahía Solano..... 4

Ilustración 2. Fotografías del tipo de presentación de los residuos sólidos en el municipio de Bahía Solano..... 13

Ilustración 3. Fotografía del vehículo recolector. 15

Ilustración 4. Instalaciones de la empresa CODECHOCÓ 17

Ilustración 5. Equipos empleados para barrido y recolección de residuos en las calles..... 18

Ilustración 6. Botadero a cielo abierto del municipio de Bahía Solano 20

Ilustración 7. Retro excavadora presente en el botadero a cielo abierto de Bahía Solano 22

Ilustración 8. Jornada de capacitación para el proceso de caracterización de los residuos solidos..... 24

Ilustración 9. Procesos de pesaje y segregación de los residuos sólidos en el lugar de acopio..... 25

Ilustración 10. Plano zona urbana Bahía Solano..... 27

Ilustración 11. Grafico: Población por Sexo..... 30

Ilustración 12. Grafico: Distribución por grupo de edades 30

Ilustración 13. Grafico: Tipología de la vivienda 31

Ilustración 14. Grafico: Número de personas por viviendas 31

Ilustración 15. Grafico: Calificación del Servicio de Aseo..... 32

Ilustración 16. Grafico: Separación de los Residuos Sólidos en la Fuente..... 32

Ilustración 17. Grafico: Razón por qué no Realiza la Separación de los Residuos Generados en la Vivienda 33

Ilustración 18. Grafico: Respuesta a la pregunta: Estaría Dispuesta a Separar los Residuos para Aprovecharlos 33

Ilustración 19. Resultados de la caracterización física de los residuos sólidos sector Domiciliario del área urbana del municipio de bahía solano..... 36

Ilustración 20. Resultados composición física de residuos sólidos sector comercial del Municipio de Bahía Solano..... 37

Ilustración 21. Resultados composición física de residuos sólidos sector institucional del Municipio de Bahía Solano 38

Ilustración 22. Resultados de la caracterización física de los residuos sólidos de barrido y limpieza del área urbana en el Municipio de Bahía Solano 40

Ilustración 23. Vehículo Recolector residuos de Bahía Solano 42

Ilustración 24. Macrorrutas de recolección actuales implementadas por la empresa Acuabahía municipio de Bahía Solano..... 44

Ilustración 25. Nuevo diseño de las macrorrutas para el sector de Bahía Solano Chocó. 45

Ilustración 26. Microrruta M 1.1 53

Ilustración 27. Microrruta M 1.2 54

Ilustración 28. Microrruta M 1.3 55

Ilustración 29. Microrruta M 2.1 56

Ilustración 30. Microrruta M 2.2 57

Ilustración 31.Macrorruta M 2.3..... 58

RESUMEN

En este trabajo de pasantía se diseñaron las rutas de recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios urbanos para el municipio de Bahía Solano, Chocó, como aporte al proceso de mejora del sistema de gestión que actualmente busca el municipio, complementariamente, se planteó un diagnóstico del sistema de gestión que presta hoy por día la empresa de aseo municipal Acuabahía y la elaboración del estudio de caracterización física de los residuos sólidos urbanos, estos a partir de la información obtenida durante el trabajo de pasantía en el cual se realizó el proceso operativo y técnico para la caracterización física de los residuos sólidos, con fin de proporcionar información verídica actualizada al municipio, ya que al año 2018 el municipio carece de la implementación de un plan de gestión integral de residuos sólidos, por lo cual, las actividades de recolección, transporte, limpieza, aprovechamiento y disposición final, están siendo ejecutadas inadecuadamente, sin lineamientos técnicos que normalicen un adecuado manejo, lo que provoca un detrimento en los recursos naturales y afección directa a la población.

Por lo anterior se hizo evidente en el diagnóstico realizado que el sistema de gestión actual debe replantear la mayoría de sus actividades, siendo uno de los puntos críticos los procesos de recolección y transporte, por tanto el proyecto se orientó a la mejora de la gestión integral de los residuos sólidos y en ese sentido a la prevención de la contaminación del suelo y recurso hídrico, fortaleciendo el sector del servicio de aseo público.

De este modo se elaboró el trabajo mediante dos etapas, en la primera se recopiló toda la información necesaria tanto en campo como en documentos digitales y físicos, en la segunda etapa se desarrolló una metodología dividida en tres fases, inicialmente se realizó un diagnóstico que permite identificar las falencias en la prestación del servicio de aseo y gestión de los residuos sólidos, en la segunda fase se realizó la caracterización física de los residuos urbanos y su correspondiente estudio, por último, en la tercera fase se establecieron las rutas de recolección y transporte para los residuos sólidos domiciliarios urbanos excluyendo la recolección de los residuos generados en las actividades de barrido y limpieza de vías, corta de césped y tala de árboles, para así optimizar las frecuencias y los tiempos de recolección y transporte en las zonas de prestación de servicio.

Por tanto este documento muestra una metodología ajustable, para el diseño de las rutas de recolección y transporte, ya que actualmente se iniciara el proyecto para construcción del relleno sanitario y clausura del botadero a cielo abierto y se deberá ajustar los recorridos al nuevo punto de disposición final.

1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene por objeto el diseño del sistema de rutas de recolección y transporte de residuos sólidos urbanos en el municipio de Bahía Solano, Chocó para tal fin se realizó previamente un diagnóstico del estado actual del sistema de gestión de residuos sólidos en el municipio y el estudio de caracterización física para los residuos sólidos domiciliarios urbanos, ya que actualmente no se cuenta con una adecuada gestión de este tipo de residuos. Para el desarrollo del proyecto se tomó como base la Ley 142 de 1994 y la reglamentación subsecuente como el Titulo 2 del Decreto 1077 de 2015, donde se encuentran compilados los decretos 838 de 2015 (sobre disposición final de residuos sólidos), el 2981 de 2013 (sobre la reglamentación de la prestación del servicio público de aseo), el 596 de 2016 (donde se habla de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y otras disposiciones), y de manera internacional la Guía metodológica para el desarrollo del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales (EC-RSM), del Ministerio de Ambiente de Perú, de esta última se tomaron dos etapas allí planteadas, en la primera se desarrolló la preparación o aprestamiento en la que se recolecto la información general del municipio y trabajo en campo, en la segunda se desarrolla una metodología de tres fases.

De este forma en la primera fase se realizó un diagnóstico inicial del servicio de aseo municipal desde el análisis del marco jurídico, con fin de verificar el estado actual de los elementos operativos, la segunda fase se presentan los resultados de la caracterización física de los residuos urbanos y su correspondiente estudio, por último, en la tercera fase se establecieron las rutas de recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios urbanos, del municipio.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Diseñar el sistema de rutas de recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios urbanos y estudio de caracterización, en propuesta a la mejora del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el municipio de Bahía Solano – Chocó.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico del estado actual del sistema de gestión de residuos sólidos en el municipio de Bahía Solano, Choco.

- Realizar el estudio de caracterización física de los residuos sólidos municipales en el municipio de Bahía Solano - Chocó, a través de la metodología planteada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria de Perú (CEPIS).

- Formular un esquema técnico con recomendaciones, para la mejora de las frecuencias, tiempos y lugares de recolección de los residuos sólidos domiciliarios en el municipio de Bahía Solano, Choco.

3 MARCO REFERENCIAL

3.1 MARCO CONTEXTUAL

Bahía Solano se crea como una colonia agrícola en 1935, por orden presidencial, y es ascendido a municipio el 19 de noviembre mediante ordenanza número 8 de 1962. La asamblea departamental del choco en uso de sus facultades legales, ordena que se cree integrado por el territorio conformado por los corregimientos del Valle y del mismo, desde entonces el territorio se visibiliza frente al país, por su riqueza natural, ya que posee recursos pesqueros, madereros, mineros, ríos, manglares, cascadas y una gran biodiversidad de aves, anfibios, orquídeas, mamíferos, reptiles entre otras muchas especies de fauna y flora, además una característica especial del municipio es que por su ubicación geográfica estratégica es albergue de las ballenas jorobadas que visitan el lugar anualmente entre agosto y noviembre [1].

3.1.1 Características socioeconómicas

Culturalmente el municipio se caracteriza por la composición tri-étnica de su población, con una mayoría negra, seguida de grupos indígenas y mestizos del interior del país [2]. De acuerdo con las cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la proyección que se hizo de la población dice que para 2017 hay 9735 habitantes, distribuidos por sexo así: 4814 hombres y 4561 mujeres, además, la población dominante está en el rango de los 0 a 9 años [3].

Las principales actividades productivas y económicas del municipio son, según su orden, el empleo público, la pesca artesanal, el comercio, el turismo, la agricultura y la extracción forestal, además de otros sectores con menor participación como lo es la ebanistería, la carpintería, la construcción, la venta de comidas, el empleo doméstico, el comercio informal, el cargue y descargue de barcos y el transporte de pasajeros por vía terrestre, marítima o fluvial [4].

3.1.2 Caracterización Biofísica

El Municipio de Bahía Solano limita geográficamente por el occidente con el Océano Pacifico, al norte con Jurado y Carmen del Darién, al sur con Nuquí y el Alto Baudó, al Oriente con Bojayá. Su cabecera municipal, Ciudad Mutis se encuentra ubicada a los 06º 13’ 50’’ de latitud norte y 77º 24’ 10’’ de longitud oeste, a una altura de 1 msnm. El municipio está compuesto por 5 corregimientos,

9 veredas y 3 resguardos indígenas [4]. En la **Ilustración 1** se puede observar la ubicación del municipio frente al mapa departamental.

Ilustración 1. Ubicación geográfica del municipio de Bahía Solano

FUENTE: EOT Bahía Solano [5]

La fisiografía del lugar se caracteriza por la presencia montañosa de la Serranía del Baudó, planicies marinas, formas aluviales, colinas, serranías y cordilleras, con importantes accidentes geográficos como la Ensenada de Utría [4]. El clima es de fuertes variaciones meteorológicas, debido a los cambios en las corrientes de aire océano-continente; la precipitación media anual es de aproximadamente 5000 mm, además, es considerada una de las zonas más húmedas del planeta, con una humedad relativa superior al 85% y dividido en dos unidades bien diferenciadas, cálido perhúmedo y cálido súper húmedo. La temperatura, por su parte fluctúa entre los 25,5°C y los 26,8°C [2].

3.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Para el desarrollo de este proyecto se entiende la población estudio, bajo el concepto de sistema abierto, con el fin de analizar las relaciones metabólicas que se presentan en él, las cuales determinan el flujo de materiales sus entradas y salidas regidas bajo los niveles de producción y consumo en el municipio

permitiendo una visión general del enfoque que debe llevar el seguimiento del sistema de gestión integral de residuos sólidos [6], [7].

Desde este concepto el Servicio Público de Aseo es un componente fundamental para el saneamiento básico de un sistema socioecológico urbano, es decir, sin un servicio de aseo ambientalmente sostenible la población es inviable [7]; según la Política Distrital de Salud Ambiental para Bogotá D.C. 2011-2023, la gestión de residuos sólidos se conforma por la articulación de la prestación del servicio público de aseo, la legislación ambiental y sanitaria vigente, las condiciones de infraestructura vial para el movimiento de los residuos y las actividades tanto privadas como públicas de las personas que conforman el espacio público donde se generan, reciclan y/o aprovechan residuos sólidos. Por otra parte la gestión de residuos se encuentra integrada por una sucesión de procesos concernientes a prevención y minimización de la generación, aprovechamiento y valorización de residuos, tratamiento y disposición adecuada; finalmente con el cumplimiento de estos procesos se busca sustituir el uso lineal de recursos por un uso cíclico de los mismos [8].

3.2.1 Definición de la teoría y conceptos

A continuación son citados conceptos y enfoques teóricos a considerar para el desarrollo del proyecto, aclarando de antemano, que la teoría que puede ayudar abordar el problema es la normativa vigente nombrada en el numeral 3.4, la guía PGIRS creada por el Ministerio de Vivienda en septiembre de 2015, los estudios del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria de Chile (CEPIS) y los conceptos de las Guías Técnicas Colombianas (GTC).

- **Gestión Integral de los Residuos Sólidos (GIRS):** proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos [9].

- **Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS**): Conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos y actividades, definidos por el ente territorial para la prestación de servicio de aseo, basados en la política GIRS, el cual se obliga a ejecutar 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 de la prestación del servicio de aseo, evaluado a través de la medición de resultados [10].

- **Enfoque teórico establecido por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria de Chile (CEPIS)**, para la realización del estudio de caracterización, análisis y diagnóstico previo de los residuos sólidos municipales teniendo en cuenta la dimensión de cada proyecto. Para el caso de Bahía solano se analizarían: fuentes de producción de residuos sólidos según su fuente de generación, identificación de factores que influencian la producción y tipo de residuos, como la estacionalidad, hábitos de la población, condiciones socioeconómicas y acontecimientos especiales, además, identificación sobre la variación bajo la cual se desenvuelve el aseo urbano, teniendo en cuenta incremento de la población, producción per cápita (PPC), proyección de residuos anuales [11].

- **Macrorruta:** Es la división geográfica de una ciudad, zona o área de prestación del servicio para la distribución de los recursos y equipos a fin de optimizar la actividad de recolección de residuos, barrido y limpieza de vías y áreas públicas y/o corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas [12].

- **Microrruta**: Es la descripción detallada a nivel de las calles y manzanas del trayecto de un vehículo o cuadrilla, para la prestación del servicio público de recolección de residuos; de barrido y limpieza de vías y áreas públicas; y/o corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas, dentro de una frecuencia predeterminada [12].

- **Establecimiento de macrorrutas y microrrutas según el Decreto 2981 de 2013, art 31**, ***Establecimiento de macrorrutas y microrrutas*****.** Las personas prestadoras del servicio público de aseo deberán establecer las macrorrutas y microrrutas que deben seguir cada uno de los vehículos recolectores en la prestación del servicio, de acuerdo con las necesidades y cumpliendo con las normas de tránsito. Estas rutas deberán diseñarse atendiendo a la eficiencia en la asignación de recursos físicos y humanos. Para el diseño de macrorrutas y microrrutas deberá tenerse en cuenta, entre otros aspectos, los siguientes [12]:

a) Tipo de vías existentes (principales y secundarias, con separadores, estado de la vía) en los municipios y de alto tráfico vehicular y peatonal.
b) Uso del suelo (residencial, comercial, industrial, etc.).
c) Ubicación de hospitales, clínicas y entidades similares de atención a la salud, así como entidades asistenciales.
d) Recolección en zonas industriales.
e) Zonas de difícil acceso.
f) Tipo de usuario o generador.
g) Ubicación de áreas públicas como plazas, parques o similares.
h) Presencia de barreras geográficas naturales o artificiales.
i) Tipo de residuos según sean aprovechables o no aprovechables.

- **Frecuencias de recolección:** La frecuencia de recolección dependerá de la naturaleza y cantidad de generación de residuos, de los programas de aprovechamiento de la zona, cuando haya lugar a ello, y características del clima, entre otros. La frecuencia mínima de recolección y transporte de residuos no aprovechables será de dos (2) veces por semana [12].

- **Gestión integral de residuos sólidos:** Es el conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización. También incluye el tratamiento y disposición final de los residuos no aprovechables [12].

- **Generadores:** "Persona natural o jurídica que produce residuos sólidos derivados de sus actividades. Los generadores se pueden clasificar como: domésticos, multiusuarios, comerciales e industriales" [12].

- **Recolección selectiva:** "Consiste en la evacuación de los residuos separados en las diferentes fuentes de generación, que se encuentran almacenados y presentados adecuadamente por el usuario, con el fin de que se transporten hasta los centros de acopio y/o estación de transferencia y/o sitios de disposición final" [12].

- **Presentación de los residuos sólidos:** Es la actividad del usuario de colocar los residuos sólidos debidamente almacenados, para la recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. La presentación debe hacerse, en el lugar e infraestructura prevista para ello, bien sea en el área pública correspondiente o en el sitio de presentación conjunta en el caso de multiusuarios y grandes productores [12].

- **Reducción en la fuente:** “Reducción de la cantidad de residuos generados, mediante adaptación de diseños de bienes de consumo bien sea para utilizar menos materia prima o para prolongar su vida útil” [12].

- **Aprovechamiento:** Es la actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables separados en la fuente por los usuarios, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje [12].

- **Barrido y limpieza de vías y áreas públicas:** Es la actividad del servicio público de aseo que consiste en el conjunto de acciones tendientes a dejar las áreas y la vías públicas libres de todo residuo sólido, esparcido o acumulado, de manera que dichas áreas queden libres de papeles, hojas, arenilla y similares y de cualquier otro objeto o material susceptible de ser removido manualmente o mediante el uso de equipos mecánicos [12].

3.3 MARCO LEGAL

La prestación de los servicios públicos domiciliarios se establece en principio por la Ley 142 de 1994, donde dichos servicios se reglamentan mediante la reglamentación subsecuente como el Titulo 2 del Decreto 1077 de 2015, donde se encuentran compilados los decretos 2981 de 2013 (sobre la reglamentación de la prestación del servicio público de aseo), 838 de 2015 (sobre disposición final de residuos sólidos), el 596 de 2016 (donde se habla de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y otras disposiciones).

El Decreto 2981 de 2013 que además de reglamentar el servicio público de aseo, también rige los Decretos 1140 de 2003 y 838 de 2005 que establecen la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) como factor esencial en cuanto a los componentes de manejo ambiental de residuos y salud pública son los principales tomados en cuenta para la investigación. Por otro lado el conjunto de normas adicionales que inciden en los factores para la gestión integral de los residuos sólidos y prestación del servicio público de aseo son extensas por lo cual se han nombrado las principales en el siguiente marco normativo Tabla 1

Tabla 1. Marco legal aplicable a tema de residuos sólidos en Colombia

TIPO	ASPECTO DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Leyes	Servicio público de aseo	Ley 142 de 1994, modificada por la Ley 632 de 200
		Ley 689 de 2001
		Ley 1537 de 2012
	Ambiente	Decreto Ley 2811 de 1974
		Ley 9 de 1979
		Ley 99 de 1993
	Comparendo ambiental	Ley 1259 de 2008, adicionado por la Ley 1466 de 2011
	Sistema General de Participaciones	Ley 1176 de 2007
	Ordenamiento territorial	Ley 388 de 1997
		Ley 1454 de 2011
	Funcionamiento y organización de los municipios	Ley 136 de 1994
		Ley 1551 de 2012
Decretos	Servicio público de aseo	Decreto 2981 de 2013, compilado en el Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, “por medio del cual se expide el Decreto Único
	Residuos peligrosos	Decreto 1609 de 2002 y Decreto 4741 de 2005, compilados en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, “por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”

	Esquema de Aprovechamiento de los residuos solidos	Decreto 596 de 2016
	Residuos hospitalarios	Decreto 351 de 2014, compilado en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, “por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”
Resoluciones	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico	Resolución 1096 de 2000, modificada por las Resoluciones 424 de 2001, 668 de 2003, 1447 de 2005, 1459 de2005 y 2320 de 2009
	Cierre de botaderos a cielo abierto	Resolución 1890 de 2011 y Resolución 1390 de 2003
	Manual de procedimientos para la gestión integral de los residuos hospi-talarios y similares	Resolución 1164 de 2002
	Manejo de escombros	Resolución 541 de 1994
	Reglamento del esquema operativo de la actividad de aprovechamiento	Resolución 0276 de 2016
	Instituto Colombiano Agropecuario adopta el Reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelo para Colombia	Resolución 150 de 2003
	Metodología tarifaria del servicio público de aseo	Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005, Resolución CRA 720 de 2015
Política sectorial	Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos	CONPES 3530 de 2008
	Gestión Integral de Residuos Sólidos	Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos 1997
	Producción y consumo sostenible	Política de Producción y Consumo Sostenible 2010
Documentos de consulta	Aspectos técnicos de los sistemas de gestión de residuos	Título F del Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Versión 2012.

4 DESARROLLO DE LA PASANTÍA

4.1 Diagnóstico del estado actual del sistema de gestión de residuos sólidos en el municipio de Bahía Solano, Chocó.

Con fin de verificar el estado actual de la gestión integral de los residuos sólidos en el municipio de Bahía Solano, Chocó, se analizó la información proporcionada por la empresa de servicios públicos Acuabahía, reportes con los que cuenta la Alcaldía y resultados de la información obtenida durante el trabajo en campo y se plantean observaciones frente las actividades básicas del servicio público de aseo que establece el Decreto 2981 de 2013.

Los servicios de almacenamiento, presentación, recolección, transporte, barrido, limpieza de vías y áreas públicas, lavado de áreas públicas, aprovechamiento y disposición final, de los residuos sólidos municipales, enunciados en el presente diagnostico conforme al Decreto 2981 de 2013, se analiza de manera paralela frente a la normatividad que le confiere a cada uno. De las actividades de transferencia y tratamiento no se tratan por no aplicar para el esquema del municipio, por otro lado a las actividades de aprovechamiento y disposición final se le confiere normativa específica.

4.1.1 Diagnóstico técnico operativo y de planeación.

De manera técnica y operativa la prestación del servicio público de aseo en el municipio de Bahía Solano está a cargo de ACUABAHIA Empresa de acueducto, alcantarillado y aseo (AAA) de Bahía Solano S.A. E.S.P, creada mediante acto de constitución de sociedad N°. 010 del 30 de Julio de 2012, cuyo objeto es “La prestación directa o través de un operador público del servicio de recolección de residuos, principalmente sólidos en el municipio de Bahía Solano, así como también sus actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos” [14].

La Empresa cuenta con una planta de personal para la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo de 14 empleados al año 2018, de los cuales 3 participan en la operación del servicio de aseo, en áreas gerenciales, administrativas, comerciales y financieras, y 11 técnico operativas, relacionadas

con las actividades de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, recolección y transporte de los residuos sólidos al sitio de disposición final, en el Municipio de Bahía Solano.

Actualmente se cobra la tarifa del servicio de aseo, para el sector residencial, todos como estrato 1, debido a que en el municipio si existe estratificación, pero no se aplica para el pago del servicio público de aseo, el cobro al sector comercial e institucional es tarifa plena ya que ellos no cuentan con subsidios.

4.1.1.1 Servicio de Almacenamiento y Presentación de residuos sólidos.

El servicio de almacenamiento público en el municipio carece de la implementación de cestas públicas en las áreas comunes por lo cual, es responsabilidad del usuario la acción de acoplar temporalmente los residuos sólidos en las aceras cumpliendo así con el método de recolección estipulado, mientras se presentan al sistema de recolección.

Los recipientes implementados para el almacenamiento y presentación de los residuos son casi en su totalidad bolsas plásticas lo cual presenta varias desventajas ya que estas no poseen un volumen adecuado de almacenamiento, se rompen con facilidad, retardan el proceso de descomposición en los rellenos sanitarios, son inflamables y de fácil acceso para la fauna nociva [15], según el Decreto 2981 de 2013 art.19 los recipientes no retornables implementados para almacenamiento y presentación de los residuos sólidos deben por lo menos ser de material resistente para soportar su manipulación proporcionando seguridad, higiene y facilitando el proceso de recolección de acuerdo con la técnica utilizada por el prestador, tanto para la recolección de residuos con destino a disposición final como a procesos de aprovechamiento, con respecto al sitio de presentación por ser de tipo acera los usuarios deben garantizar que la ubicación de estos no supere 3 horas antes de la recolección para prevenir la obstrucción peatonal o vehicular [12]. En la Ilustración 2. Se muestran los registros fotográficos de la forma en que se están presentando los residuos en el municipio.

Ilustración 2. Fotografías del tipo de presentación de los residuos sólidos en el municipio de Bahía Solano

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en el municipio de Bahía Solano

En el sector domiciliario, comercial e institucional, predomina el uso de bolsas plásticas y costales para el almacenamiento de todo tipo de residuos ya que no existen prácticas separación en la fuente de reciclaje o reúso en las viviendas. También se presentan acumulaciones de residuos en las aceras debido a los incumplimientos con los días de recolección.

4.1.1.2 Servicio de Recolección y Transporte

Esta actividad es realizada por la empresa de servicio de aseo Acuabahía la cual tiene una modalidad de servicio ordinario, este servicio debe ser acorde a como lo expresa la ley: eficiente, frecuente, continuo e ininterrumpido, que no ponga en riesgo la salud humana o afecte al ambiente (agua, aire, suelo, fauna y flora), ni genere incomodidad dentro de la población, realizado con procedimientos técnicos y equipos adecuados, frente a esto se observan las siguientes características de servicio.

- **Frecuencias de recolección**

Este parámetro determina el número de veces por semana que se presta el servicio de aseo al usuario [16], por ser esta una de las actividades más importantes que desarrollan las empresas prestadoras del servicio de aseo y la que más costos de operación incurre, cualquier mejora que se pueda hacer en ella

significará una importante economía de operación; en Ciudad Mutis se ofrece una frecuencia de recolección convencional en la cual hay una sectorización de dos zonas de trabajo, con las cuales se fracciona la cantidad de manzana atendidas tomando como punto de referencia el puente Chocolatal es el cruce de la quebrada Chocolatal, distribuyendo el número de barrios recolectados, para estas dos zonas se recoge dos veces a la semana respectivamente; por otro lado para el corregimiento El Valle se recolecta los residuos de toda la zona una vez a la semana como se muestra en la ***tabla 2*****.**

Según el decreto 2981 de 2013 art. 33 la frecuencia mínima de recolección y transporte de residuos no aprovechables será de dos (2) veces por semana que aplica para el municipio al estar esté clasificado con nivel de complejidad media según el capítulo A.3: Determinación del nivel de complejidad del sistema del Título A: Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico, del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Tabla 2. Frecuencia y días de recolección de los residuos sólidos en Ciudad Mutis y El Valle.

Lugar	sector	barrio	# de veces a la semana	Días
Ciudad Mutis	Del puente chocolatal hacia el norte	El Carmen, Panquiaco, Chambacu, Fillo Castro y Chitré.	2	Lunes y jueves
	Del puente chocolatal hacia el sur	Chocolatal, Floresta, Nuevo Onety, Poblado, Las Conchitas y Aeropuerto	2	Martes y Viernes
El Valle	Todo el corregimiento	Todos	1	Miércoles

Fuente: Plan de sectorización 2002, oficina de planeación, Solano Bahía.

- **Vehículo recolector**

Se cuenta con un único vehículo para la recolección de los residuos sólidos limitando así la prestación de este servicio, este automóvil es una volqueta con capacidad de 8 m^3 que se encuentra sin placas, no posee caja compactadora, ni tiene adaptados mecanismos que controle la perdida de lixiviados como lo estipula

el decreto 1075 de 2015 artículo 2.3.2.2.2.3.36 características de los vehículos de recolección y transporte de residuos sólidos [17].

Teniendo en cuenta que el vehículo según el decreto anteriormente citado no tiene obligatoriedad de poseer caja compactadora por ser una población menor a 5000 habitantes, si es obligatoriedad que tenga adaptado un mecanismo de cobertura durante el transporte, de manera que se reduzca el contacto con la lluvia, el viento y se evite el esparcimiento e impacto visual, también estar dotados con equipos de carretera y de atención de incendios y balizas o luces de tipo estroboscópico, ubicadas sobre la cabina [17]; Cuando este vehículo se avería, o es llevado a mantenimiento el municipio en ese tiempo carece de la recolección de los residuos sólidos. En el Valle la recolección se realiza con la misma volqueta.

Ilustración 3. Fotografía del vehículo recolector.

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en el municipio de Bahía Solano

- **Estado de las vías y accesibilidad**

Las vías tanto de acceso al sitio de disposición final como de recorrido de recolección son de calzada en tierra, se encuentran en proceso de mejorar su estado; están sin pavimentación tienen doble sentido de tránsito en su totalidad. Y debido a la alta pluviosidad que se presenta en el municipio, se evidencian afectaciones a las vías, generando pérdida de tiempo y afectación al vehículo recolector.

- **Cuadrilla de recolección**

El número de trabajadores en cada uno de los lugares en donde se presta el servicio de aseo por parte de la AAA se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Número de trabajadores contratados para hacer la recolección y transporte de los residuos sólidos en el municipio de Bahía Solano.

lugar	Actividad	
	Recolección	transporte
Ciudad mutis	3 operarios	1 conductor
El Valle	3 operarios	1 conductor

Fuente: Informe de cumplimiento anual empresa de aseo y alcantarillado Acuabahía

El personal contratado por la empresa mediante contrato de prestación de servicios posee una inducción básica para el desempeño de sus funciones esto debe ser complementado con jornadas de entrenamiento en medidas de seguridad industrial y salud ocupacional (SI&SO), que cubra al menos los siguientes aspectos [18]:

- ✓ Técnicas de manipulación de los residuos sólidos.
- ✓ Forma como deberán ser recibidos de los usuarios los recipientes de almacenamiento.
- ✓ Forma como deben ser recibidos los residuos de las cuadrillas del barrido de vías y áreas públicas.
- ✓ Técnicas para una recolección eficiente.
- ✓ Uso de los elementos que la personal.

- **Infraestructura existente**

Una de las obligaciones de las empresas prestadoras del servicio de aseo es el contar con la infraestructura adecuada para atender las peticiones, quejas y recursos de los usuarios del servicio, en los términos de la Ley 142 de 1994 [12], en esta medida Acuabahía posee su oficina de Unidad de Servicios Públicos Domiciliarios, ubicada en la avenida los Delfines, al lado de la sede de CODECHOCÓ **Ilustración 4** El sitio de estacionamiento del vehículo recolector está localizado diagonal a la unidad de servicios de la AAA, exactamente en el Coliseo Municipal.

Ilustración 4. Instalaciones de la empresa CODECHOCÓ

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en el municipio de Bahía Solano

4.1.1.3 Servicio de Barrido, limpieza de vías y áreas publicas

Esta actividad está a cargo de la empresa de servicio público de aseo Acuabahía con fin de mantener aseados los puntos críticos de los lugares en donde se presta el servicio, además de asear sectores públicos. En el caso de las vías principales por estar estas sin pavimentar se desarrollan labores de limpieza manual este servicio se empezó a implementar desde el año 2015 en el municipio.

Con respecto a las frecuencias de barrido y limpieza de vías y áreas públicas el municipio realiza esta actividad dos veces a la semana, pero el cumplimiento de está se ve afectada por las fuertes precipitaciones que general mente se presentan según información proporcionada por la AAA, por lo cual muchas veces se realiza solo una vez por semana, esto no incurre a un incumplimiento normativo ya que según el decreto 2981 de 2013 articulo 54 la frecuencia mínima de barrido y limpieza del área de prestación de servicio es de una vez por semana [12].

- **Equipos empleados para barrido y recolección de residuos en las calles**

Para la recolección y transporte de los residuos sólidos son utilizados equipos y materiales entre los que se encuentran: rastrillos, escobas, carrito con contenedor, bolsas plásticas, guantes y palas la empresa suministra mensualmente los elementos de seguridad industrial y salud ocupacional necesarios.

Ilustración 5. Equipos empleados para barrido y recolección de residuos en las calles

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en el municipio de Bahía Solano

- **Número de operarios en barrido de vías**

Los trabajadores destinados a la labor del barrido de las vías son llamados “Los Escobitas” los cuales a partir del 2015 en el municipio de Bahía Solano están implementando este servicio. En la Tabla 4 se muestra los lugares y numero de operarios en donde hay este servicio.

Tabla 4. Número trabajadores para la actividad de barrido de vías en el municipio de Bahía Solano.

Lugar	Actividad
	Barrido de vías y transporte de residuos de calles
Ciudad mutis	3 escobitas
El valle	3 escobitas

Fuente: Informe de cumplimiento anual empresa de aseo y alcantarillado Acuabahía

4.1.1.4 Servicio de Aprovechamiento

En consideración del RAS 2000 título F capítulo 5 el desarrollo de procesos de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos es esencial en todo sistema de gestión integral de residuos sólidos ya que permite disminuir el volumen de ocupación en los sitios de disposición final, así como recuperar materias primas o generar subproductos nuevos en condiciones técnicas. [19] En el municipio de Bahía Solano no se realiza ninguna actividad de aprovechamiento, actualmente el municipio no cuenta con organización de recicladores, ni tampoco con sitios de compra y venta de los materiales reciclables, esporádicamente existen algunas personas que recogen material reciclable en menores cantidades y lo vende en las tiendas del municipio, en general no se aprovecha ni los residuos orgánicos ni los reciclables, toda la generación de residuos sólidos del municipio se lleva al sitio de disposición final.

En vista de la ausencia de esta actividad y como no existe régimen de formalización para los recicladores de oficio la empresa de aseo Acuabahía deberá prestar este componente y deberá presentar los lineamientos del decreto 596 de 2016 el cual es reglamentado por la Resolución 0276 de 2016, que en conformidad con los artículos 2.3.2.1.1 y 2.3.2.2.2.8.78, de la Parte 3 del Título 2 del Decreto número 1077 de 2015, el aprovechamiento como actividad complementaria del servicio público de aseo, 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. Estas actividades también pueden ser prestadas por las personas que se organicen conforme al artículo 15 de la Ley 142 de 1994 y están sujetas a la inspección, vigilancia y control de la Superintendencia de Servicios Públicos. [20]

De manera propositiva la empresa Acuabahía con ayuda del personal municipal, deberán establecer campañas de educación ambiental enseñando a la población los métodos y la importancia de la separación en la fuente basándose en el listado

detallado de los materiales reciclables y no reciclables para la separación en la fuente de los residuos sólidos domésticos especificados en la Resolución 799 de 2012 [21], por otro lado al establecer el esquema para la recolección de los residuos sólidos aprovechables la AAA debe acudir a La Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico para establecer la forma de remuneración de la actividad de recolección, transporte selectivo y clasificación de residuos aprovechables [12].

4.1.1.5 Servicio de Disposición Final

- **Descripción del tipo de disposición final**

El Municipio de Bahía Solano, no cuenta con un sistema de tratamiento adecuado para la disposición final de los residuos sólidos. Actualmente los residuos sólidos recolectados por el servicio de aseo municipal se disponen en un botadero a cielo abierto, ubicado en el área urbana, en el kilómetro 6 de la vía al corregimiento El Valle. El terreno donde está ubicado el botadero no se encuentra encerrado de forma apropiada lo que permite el libre acceso de personas y animales al sitio; convirtiéndose en un riesgo para la salud pública. Dicho terreno tiene un área de 20 Ha las cuales ya se encuentran saturadas como se observa en la Ilustración 6.

Ilustración 6. Botadero a cielo abierto del municipio de Bahía Solano

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en el municipio de Bahía Solano

Conforme a lo señalado en el artículo 13 de la Resolución 1045 de 2003 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se determinó un plazo máximo de dos (2) años para la clausura y restauración ambiental de botaderos a cielo abierto y actualmente no se ha cumplido con estas disposiciones normativas, el municipio incide en una sanción adicionalmente el municipio no tiene identificado áreas potenciales donde ubicar el relleno sanitario.

Por lo anterior el municipio deberá fijar dos procesos como inaplazables el primero es el proceso de cierre y clausura del botadero y el segundo la restauración ambiental o adecuación técnica del lugar; siendo Codechoco la autoridad ambiental competente de la región, en cumplimiento de sus funciones, deberán de manera inmediata efectuar el correspondiente control y seguimiento de estos procesos. La empresa Acuabahía y las entidades municipales competentes deben verificar que sea especificado en el Plan de Manejo Ambiental los avances y métodos para la clausura y restauración ambiental de los sitios de disposición final de residuos sólidos ya que este documento deberá presentarse frente la autoridad ambiental regional [22].

Si bien el actual sitio de disposición final es el único lugar dispuesto para tal fin, en un perímetro urbano menor a 60 kilómetros por vía carreteable no se cuenta con más alternativas de sitios de disposición final adecuada como plantea el artículo 5 de la Resolución 1390 de 2005, como alternativa el municipio deberán construir celdas para la disposición final transitoria, localizadas en el mismo sitio de disposición en el que vienen depositando los residuos sólidos, en un plazo máximo de tres (3) meses, a partir de la vigencia de la tal resolución. Estas celdas deberán diseñarse y construirse para una capacidad de disposición equivalente a la generación de residuos sólidos correspondiente a un período de hasta treinta y seis (36) meses, al vencimiento del cual, no se podrá disponer más residuos sólidos en dichas celdas, por otro lado las celdas deberán cumplir como mínimo, con las siguientes características [22]:

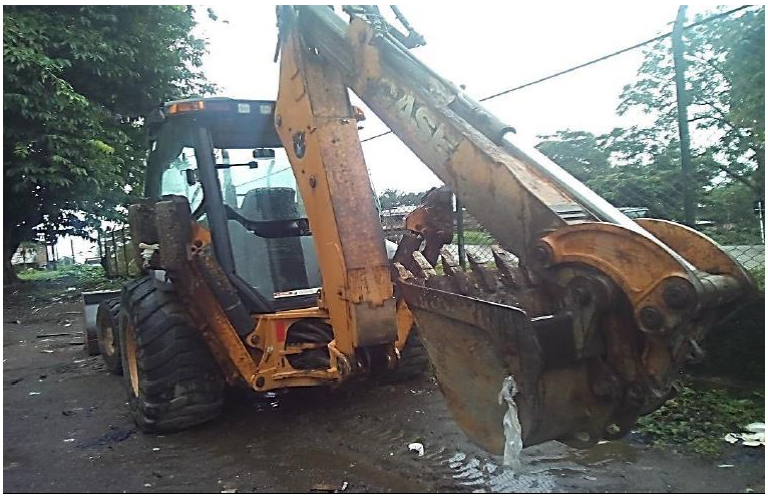
- ✓ Construcción de terrazas o excavación de acuerdo con las condiciones topográficas.
- ✓ Barrera de protección o de impermeabilización de las celdas, bien sea con geomembrana o capa de arcilla.
- ✓ Canales perimetrales para retención de escorrentía.
- ✓ Sistema de drenaje, recolección y recirculación de lixiviados
- ✓ Sistema de recolección, concentración y venteo de gases

- **Descripción de las actividades de operación del sistema de disposición final municipal actual**

El sistema actual no tiene una metodología de operación definida. Al botadero ingresa el vehículo los días lunes, martes, miércoles, jueves y viernes, para la descarga de los residuos a través de toda la extensión del predio se van amontonando los residuos en donde se encuentre un espacio suficiente, creando montones de residuos distribuidos aleatoriamente a través del predio. Es decir, se maneja un mismo punto de disposición de residuos dentro del botadero y cuando se hace imposible seguir usando el mismo punto por accesibilidad del vehículo, se busca otro. Al ingresar el vehículo recolector al sitio, ubica el punto de disposición temporal y descarga manualmente los residuos.

En el botadero no se aplica ningún tipo de cobertura diaria, esto expone a los trabajadores y pobladores a riesgos sobre la salud pública con la proliferación de plagas y malos olores. En el sitio solo se posee una retroexcavadora que es la que esparce los residuos sólidos Ilustración 7.

Ilustración 7. Retro excavadora presente en el botadero a cielo abierto de Bahía Solano



Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en el municipio de Bahía Solano

Por otro lado actualmente no se lleva a cabo ningún tipo de control de gases ni medición de la generación de los mismos ni se lleva a cabo ningún tipo de control de lixiviados por lo que este contaminante podría infiltrarse y llegar hasta las aguas subterráneas y degradando el suelo.

4.1.1.6 Lavado de áreas publicas

Esta labor es responsabilidad de la empresa de servicio público de aseo Acuabahía en el área donde realicen las actividades de recolección y transporte por lo cual el municipio en cumplimiento del artículo 64 del decreto 2981 de 2013 suministra a el inventario de las áreas públicas objeto de lavado, detallando su ubicación y área de lavado [12].

Tabla 5. Ubicación de áreas públicas objeto de lavado

Barrio	Nombre del parque o área de localización	Área estimada (m2)	Georreferenciación	
			N	W
Panquiaco	Separadores	800 metros lineales	06°13´39.9”	077°24´17.4”
Avenida los delfines	Separadores	100 metros lineales	06°13´31.5”	077°24´19.4”

Fuente: Plan de sectorización 2002, oficina de planeación, Solano Bahía.

Pese a esto el municipio de Bahía Solano no cuenta con un programa para el lavado de áreas públicas por lo cual La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios podría imponer las sanciones de que trata el artículo 81 de la Ley 142 de 1994, por incumplimiento del régimen de servicios públicos domiciliarios y falla en la prestación de dichos servicios [20].

4.2 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR URBANO DEL MUNICIPIO DE BAHÍA SOLANO

4.2.1 Metodología de campo

El proceso de recolección de residuos sólidos se realizó manualmente, implementando los debidos elementos de protección personal, los residuos fueron separados en bolsas plásticas y pesados en una balanza digital en el lugar de acopio, la recolección se realizó desde el 16 de mayo de 2016 hasta el 19 de junio de 2016 con intervalos en los días de recepción dependiendo el sector (domestico,

institucional, comercial), para la cabecera municipal y el corregimiento el valle, en jornadas de 7:00 a.m. a 12:00 a.m. con un esfuerzo de captura de 6 personas/dos barrios dando una cobertura a los 6 barrios que componen la cabecera municipal y un día independiente al sector del Valle, la división de los barrios en el área de la cabecera municipal está influenciado por el cruce de la quebrada Chocolatal siendo esta un punto de referencia para las zonas de recolección.

- **Capacitación al personal técnico y operativo**

Apoyados por el equipo municipal el día 12 de mayo de 2016, se realizó el trabajo de sensibilización y capacitación al grupo de estudiantes pertenecientes al semillero de investigación en biología llamado Los Propagulos, de la Institución Luis López de Meza. El personal de Codechoco, el secretario de ambiente de la alcaldía, el inspector de sanidad y dos estudiantes pasantes del programa Manos A La Paz del Ministerio del Postconflicto y el Programa de Las Naciones Unidas Para el Desarrollo (PNUD), conforman el equipo técnico.

Los talleres de capacitación a los sensibilizadores y recolectores, se realizaron a través del personal de Codechoco con la finalidad de explicar la importancia de un estudio de caracterización, los pasos metodológicos del estudio, uso de equipos de protección personal, la aplicación de la encuesta y las técnicas de comunicación efectiva con el encuestado. Durante la jornada se establecieron tres grupos de trabajo conformados por 5 estudiantes y un supervisor, para atender las jornadas según los periodos de recolección en viviendas, instituciones y comercios.

Ilustración 8. Jornada de capacitación para el proceso de caracterización de los residuos solidos

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en el municipio de Bahía Solano

- **Recolección, transporte y acondicionamiento de muestras.**

La recolección se realizó con periodicidad variable para cada sector de la siguiente forma, diariamente en el sector comercial, cada dos días en el sector institucional y dos veces a la semana en el sector doméstico esto basado criterios del personal técnico de acuerdo a la cantidad de puntos de recepción y números de muestras a recolectar. Los residuos son desplazados en un vehículo rentado hasta la sede de CODECHOCO para ser pesados y posteriormente clasificados a través del método seleccionado, para así realizar el pesaje nuevamente y obtener los datos por tipo de residuo, para esto se implementarán tres bolsas de diferentes colores, verde para residuos orgánicos, azul para residuos inorgánicos y rojo para residuos sanitarios y peligrosos [23].

- **Pesaje y análisis de la composición física de los residuos**

Para realizar el pesaje de las muestras inicialmente se verifico el estado de la balanza y su operación, se anotarán los datos en un formato manual, elaborado para este fin, teniendo en cuenta la zona de donde provienen las muestras, para facilitar cualquier inquietud referente a su entrega.

Ilustración 9. Procesos de pesaje y segregación de los residuos sólidos en el lugar de acopio

Fuente: Elaboración propia, fotografía tomada en el municipio de Bahía Solano

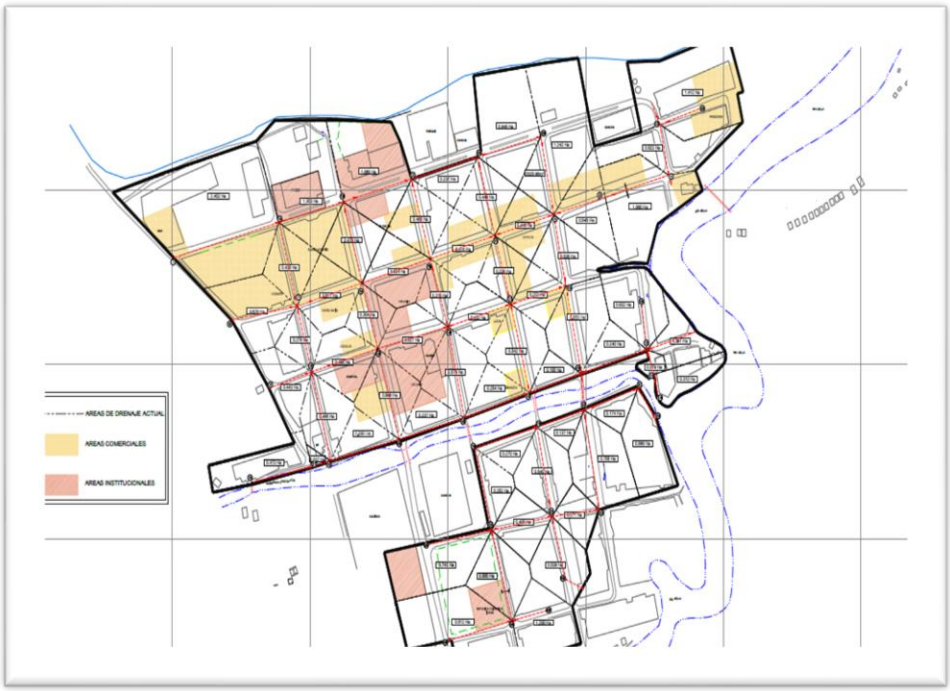
- **Aseguramiento de condiciones logísticas y operación en campo**

Para objetar la población de estudio se delimita, la cabecera municipal (ciudad Mutis) y el corregimiento del valle, como zona urbana del municipio, para las cuales se identifica la muestra a trabajar mediante método aritmético, dicha muestra se distribuye de forma aleatoria de forma que cada elemento de la población tendrá igual oportunidad de ser seleccionado. Seguidamente para iniciar el proceso de muestreo, se definen rutas para recolección y transporte luego se capacita el personal.

4.2.1.1 Determinación de la muestra

La población de estudio son las viviendas, establecimientos comerciales e instituciones pertenecientes al perímetro urbano del municipio de Bahía Solano, Choco, para los cuales se normalizan las unidades muestréales al identificar que todo el municipio está clasificado en estrato 1 por lo cual se implementa el método de muestreo estratificado proporcional, el cual permite que cada vivienda de un estrato tiene la misma probabilidad de ser seleccionada [24].

Ilustración 10. Plano zona urbana Bahía Solano



Fuente: Acción social fondo de inversión social para la paz [25]

Basado en información suministrada por Acuabahía y planeación municipal se obtiene lo siguiente: en la cabecera municipal una población de 4863 habitantes, de los cuales son 1593 viviendas para el sector residencial, 187 establecimientos comerciales y 31 instituciones; para el área rural una población de 4464 habitantes, y 1108 viviendas para el sector residencial.

Ecuación 1. Tamaño de la muestra

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

Fuente: CEPIS-OPS [26]

Dónde:
n: Tamaño de la muestra
N: Población total
Z: 1.96, ya que corresponde a un nivel de confianza del 95%.
p: Proporción esperada, se tomará como 0.5, ya que no se tienen datos de estudios anteriores. Este valor maximiza el tamaño de la muestra.
q: (1 – p), es decir que en este caso vale 0.5.
ε: Precisión, se tomará como el 5%.

En ciudad mutis, cabecera municipal, se trabajó con una muestra de 309 viviendas, 8 instituciones y 40 establecimientos comercial, y en el área rural con una muestra de 255 viviendas por otro lado en el corregimiento El valle 160 muestras.

Tabla 6. Resultado número de muestras para Ciudad Mutis

N° de muestras Ciudad Mutis		
Sector	**N°de viviendas**	**N° de**
Residencial	1593	309
Comercial	187	40
Institucional	31	8
Total	**1811**	**357**
El Valle	635	**160**

Fuente: Elaboración propia

Con el número de muestras ya definidas por sectores, se determina la selección por el método de muestreo simple aleatorio, que consiste en escoger de las unidades muéstrales un total de N viviendas, de modo que cada una tenga la misma posibilidad de ser escogida, por consiguiente con ayuda de un plano catastral ***ilustración 10*** se planeó la primera jornada de reconocimiento del área de trabajo.

4.2.2 Análisis de datos

Los datos de peso (kg) por residuos encontrados de los tres sectores en la cabecera municipal y corregimiento del valle fueron registrados en una matriz Excel, A partir de esta matriz donde los residuos de plástico, vidrio, papel, metal, sanitario y orgánico, representan valores simples para los cuales se realiza los análisis estadísticos descriptivos

Determinación de la generación per cápita y la generación total diaria de residuos sólidos

De acuerdo con la proyección estimada por el DANE para el año 2015, el municipio de Bahía Solano tiene una población de 4863 habitantes para la zona urbana, y según el resultado de la caracterización física el área urbana produce 1663,97 kilogramos/día por lo tanto se calcula la PPC a partir de la Ecuación 2. Teniendo como resultado una **PPC de 0,34 kg/hab/día.**

Ecuación 2. Calculo de la ppc

$$\boldsymbol{Ppc} = \frac{Kg\ Residuos\ Recolectados}{N°\ de\ Habitantes}$$

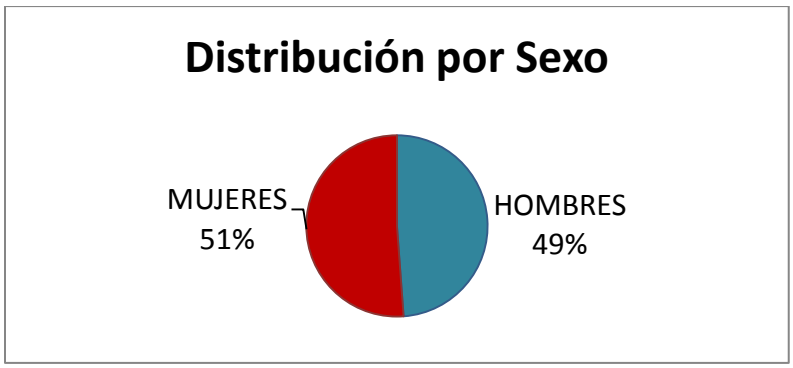
Fuente: CEPIS-OPS [26]

$$\boldsymbol{Ppc} = \frac{1663{,}97kg}{4863hb * 1dia} = \boldsymbol{0.34kg/hb.di}$$

- **Aplicación de encuestas**

En una misma jornada se visitaron las viviendas seleccionadas, con material informativo el cual acompañado de una explicación exponían la importancia de la separación de los residuos sólidos en la fuente, además de los efectos negativos que representa el no hacerlo. Con la aplicación de las encuestas se logra, obtener de antemano información de interés para el estudio, con la finalidad de conocer la percepción de la comunidad respecto a la prestación del servicio de aseo y disponibilidad para implementar medidas de aprovechamiento. Posteriormente los lugares escogidos para el estudio se rotularon para su identificación usando sellos de la alcaldía.

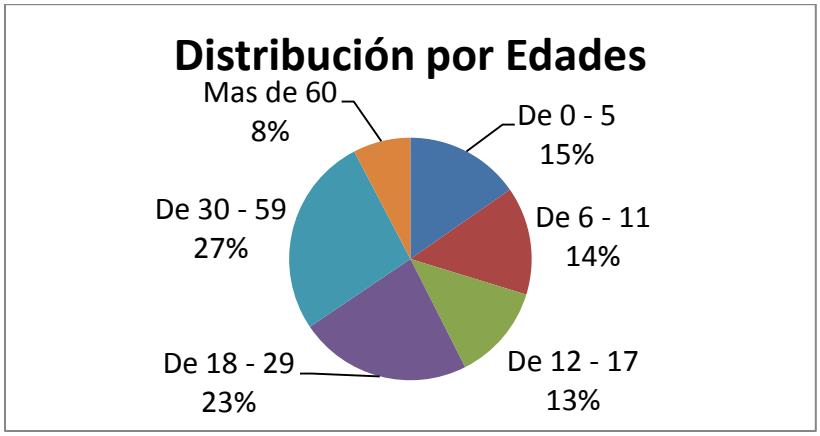
Ilustración 11. Población por Sexo



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la gráfica Ilustración 11 se puede observar que en bahía solano la población femenina se encuentra en mayor proporción con un 51%, mientras que los hombres representan el 49%.

Ilustración 12. Distribución por grupo de edades

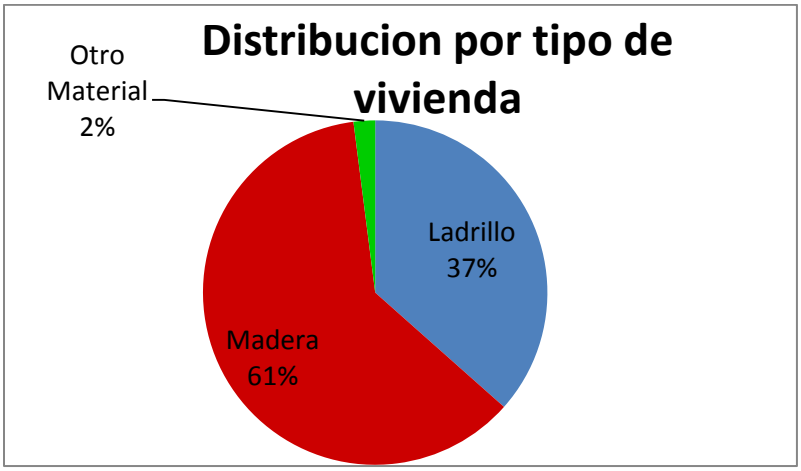


Fuente: Elaboración propia

Según el análisis realizado encontramos que la población comprendida entre los 30 - 59 años en bahía solano es la que se encuentra en mayor porcentaje, seguido de la población juvenil entre los 18 -29con un 23%, seguido de la infancia con el

15% y la población preadolescente entre 6-11 años con un 14%.(2016, Plan de Desarrollo Municipal).

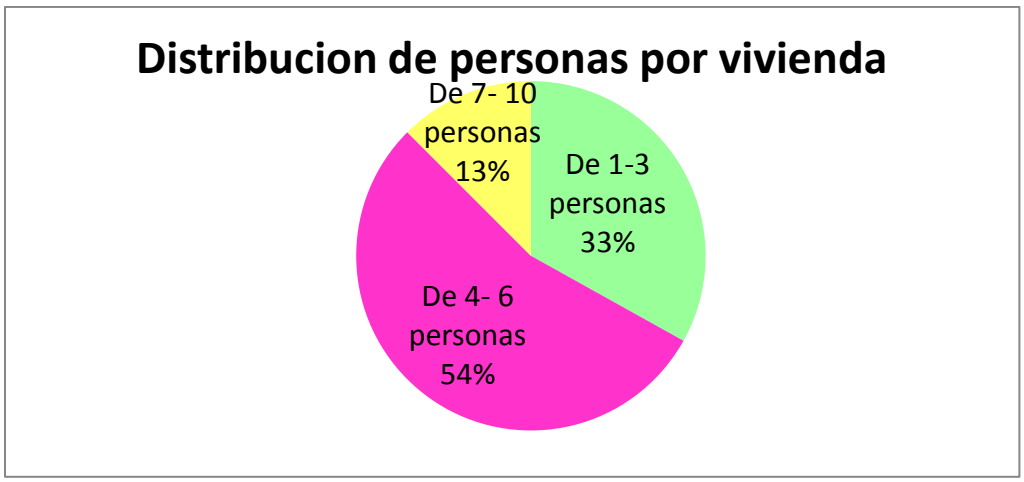
Ilustración 13. Tipología de la vivienda



Fuente: Elaboración propia

Basado en la gráfica podemos decir que el 61% de las viviendas son construidas en madera principalmente por la facilidad de obtener el producto, seguido del ladrillo con el 37%.

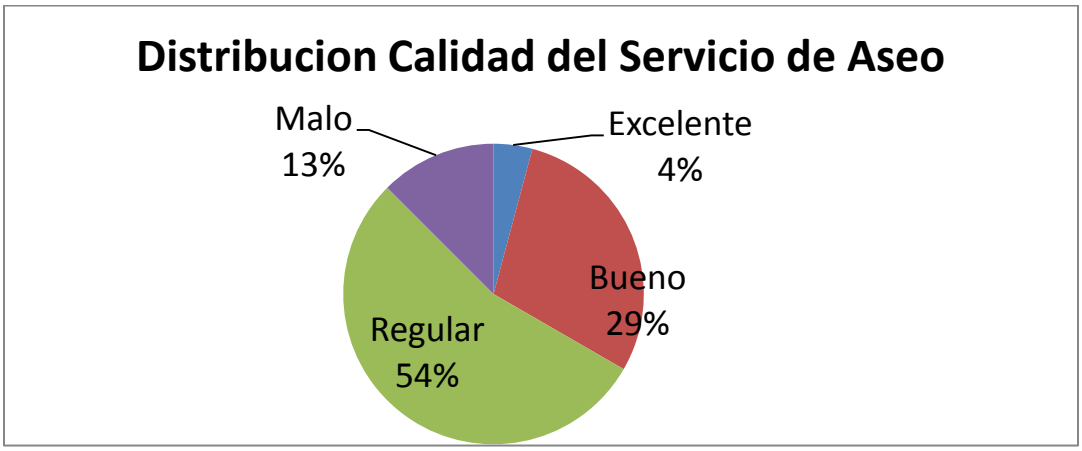
Ilustración 14. Número de personas por viviendas



Fuente: Elaboración propia

Se identificó que el 54% de la población esta agrupada de 4-6 personas por vivienda, en el 33% de 1-3 personas, y finalmente encontramos que solo el 13% de la población esta agrupada de 7-10 personas por vivienda.

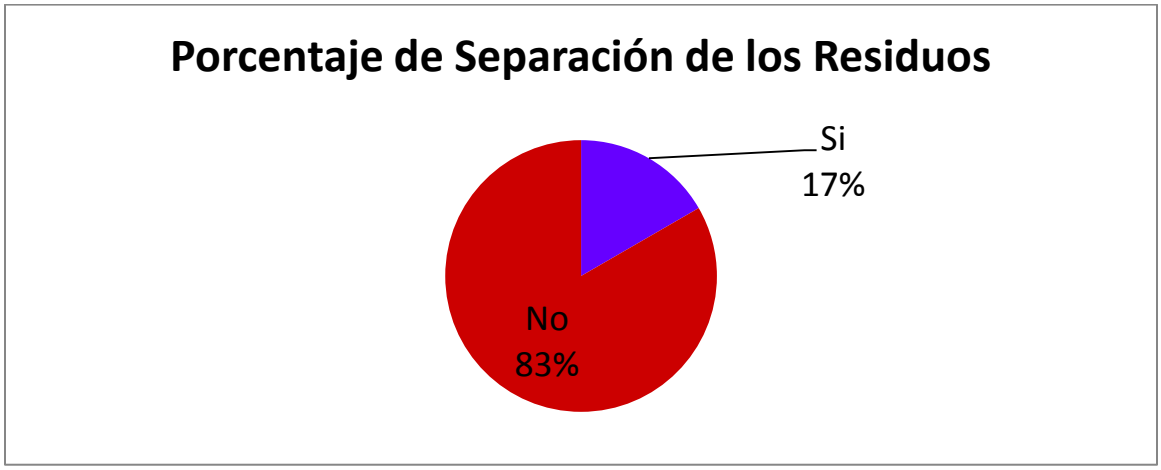
Ilustración 15. Calificación del Servicio de Aseo



Fuente: Elaboración propia

Basado en la información levantada tenemos que el 54% de la población considera que el servicio de aseo que se presta es regular; esto fundamentado en que en muchas ocasiones el carro no cumple con los horarios y rutas establecidas para la recolección de los residuos.

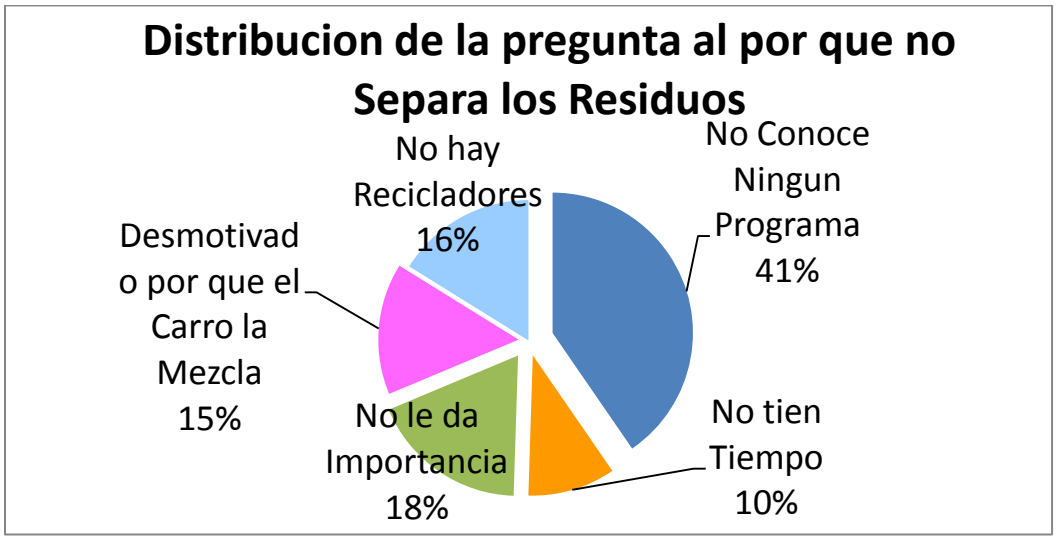
Ilustración 16. Separación de los Residuos Sólidos en la Fuente



Fuente: Elaboración propia

Aquí encontramos que en su mayoría de las personas no realizan separación de los residuos que generan en sus viviendas, solo un 17% lo realiza pero este porcentaje solo aprovecha los residuos orgánicos para alimentar las mascotas.

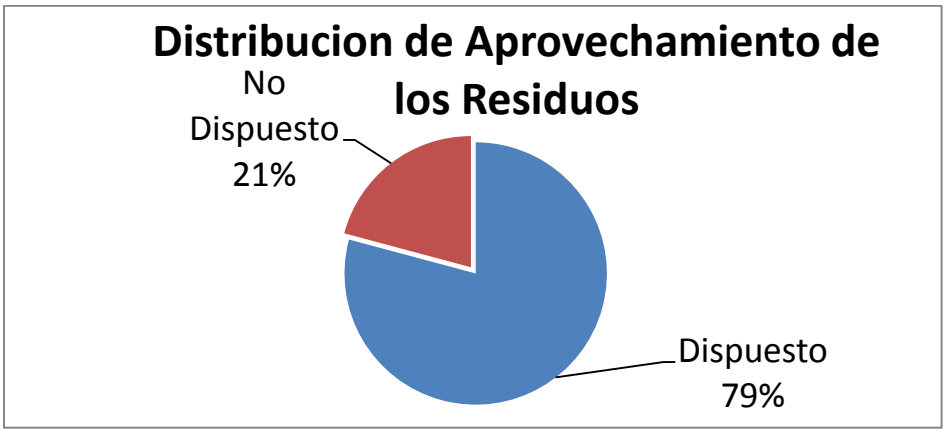
Ilustración 17. Razón por qué no Realiza la Separación de los Residuos Generados en la Vivienda



Fuente: Elaboración propia

El 41% de los encuestados dicen que a la fecha no conocen ningún programa que los motive a realizar separación de los residuos generados, seguido de un 18% que no le da importancia la separación de los residuos que genera; un 16% que por no haber recicladores en la zona y el 10% afirma no tener tiempo para realizarla.

Ilustración 18. Estaría Dispuesta a Separar los Residuos para Aprovecharlos



Fuente: Elaboración propia

El 79% de la población encuestada está dispuesta a realizar aprovechamiento de los residuos, principalmente los orgánicos en sus viviendas; esto a pesar de que hay un buen porcentaje que no conocen programas.

4.2.2.1 Resultados de la caracterización física Total de los residuos sólidos para el área urbana del municipio de bahía solano.

El consolidado de la cantidad de residuos sólidos producidos en el área urbana del municipio en kg/día se muestra en la Tabla 7 mostrando un significativo porcentaje en la generación de residuos orgánicos con un 61% del total de los residuos producidos en la zona urbana del municipio, de igual forma se identifica que el sector residencial produce una considerable cantidad de residuos para un total de 1442,53 kg/día.

Tabla 7. Resultados de la caracterización física Total de los residuos sólidos para el área urbana del municipio de Bahía Solano

Tipo de Residuo	Sector residencial urbano (Kg/día)	Sector institucional urbano (Kg/día)	Sector comercial urbano (Kg/día)	Barrido y limpieza de las calles - zona urbana (Kg/día)	Total generación (Kg/día)	Total generación (Ton/día)	Porcentaje (%)
Organico	925,37	12,35	54,26	23,1	1015,1	1,0151	61%
Plástico y Pet	155,79	12,16	16,53	25,7	210,18	0,21018	13%
Papel y cartón	80,73	8,85	36,6	1,5	127,68	0,12768	8%
Vidrio	43,3	1,77	8,6	11,2	64,95	0,06495	4%
Metal	11,4	0,25	0,69	0,85	13,19	0,01319	1%
Sanitarios	199,78	2,22	4,1	0	206,1	0,2061	12%
Otros	26,16	0	0,61	0	26,77	0,02677	2%
TOTAL	**1442,53**	**37,66**	**121,47**	**62,3**	**1663,97**	**1,66397**	**100%**

Fuente: Elaboración propia

Los datos ponderados para cada sector se registraron de forma separada por ser diferentes las frecuencias de recolección como se muestra a continuación.

4.2.2.2 Resultados composición física de residuos sólidos sector doméstico del Municipio de Bahía Solano

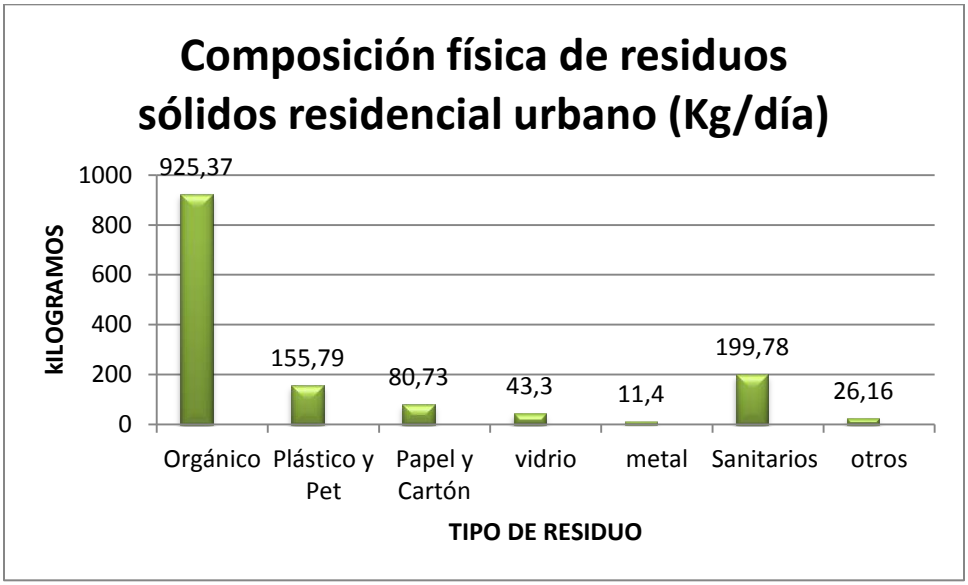
Se evidencia que la mayor producción de residuos en el sector residencial urbano es proveniente de residuos orgánicos con un 64,15%, seguido de los residuos sanitarios con un 13,85%, los plásticos y el pet (polietileno tereftalato) con un porcentaje de 10,80%, el papel y cartón con un 5,60%, el vidrio con un 3%, otros residuos con un 1,81% y el metal con 0,79%.

Tabla 8. Resultados de la caracterización física de los residuos sólidos sector Domiciliario del área urbana del municipio de bahía solano

Tipo de Residuo	**Sector Residencial**		**Total recolección (kg/día)**	**Porcentaje (%)**
	Cabecera Municipal Recolección (kg)			
	Recol. 1	Recol. 2		
Orgánico	428,05	497,32	925,37	64,15
Plástico y Pet	70,15	85,64	155,79	10,79
Papel y Cartón	30,55	50,18	80,73	5,59
vidrio	24,95	18,35	43,3	3
metal	3	8,4	11,4	0,79
Sanitarios	102,75	97,03	199,78	13,84
otros	10,6	15,56	26,16	1,81
TOTAL	**670,05**	**772,48**	**1442,53**	**100**

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19. Resultados de la caracterización física de los residuos sólidos sector Domiciliario del área urbana del municipio de bahía solano



Fuente: Elaboración propia

4.2.2.3 Resultados composición física de residuos sólidos sector comercial del Municipio de Bahía Solano

Se evidencia que la mayor producción de residuos en el sector comercial es proveniente de residuos orgánicos con un 44,67%, seguido del papel y cartón con un 30,13%, los plásticos y pet con un 13,61%, el vidrio con un 7,15%, los residuos sanitarios con un 3,38%, el metal con un 0,57% y otros residuos con un 0,50%.

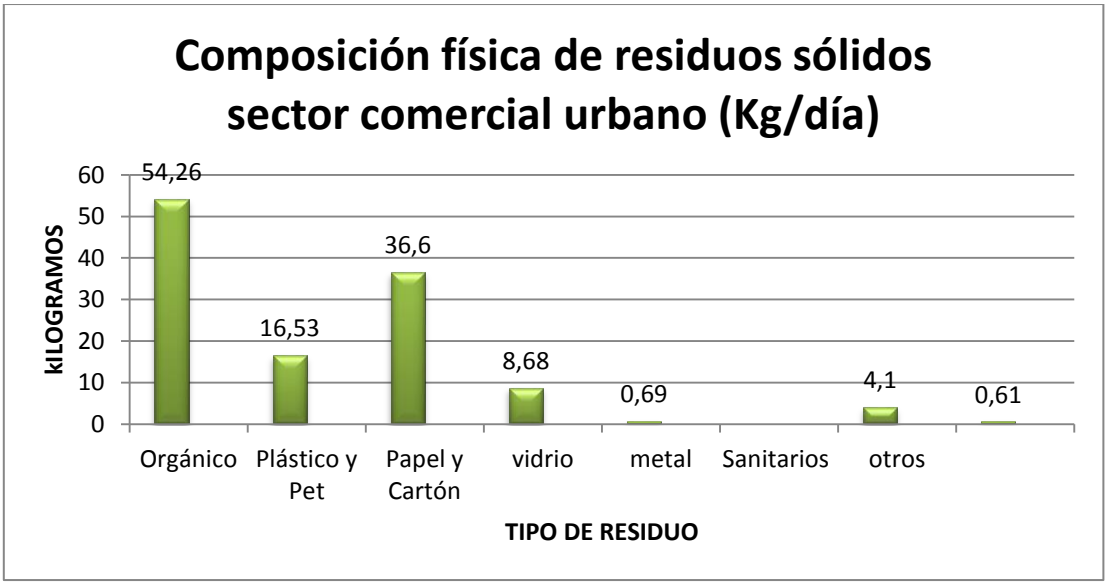
Tabla 9. Resultados composición física de residuos sólidos sector comercial del Municipio de Bahía Solano

Tipo de Residuo	Cabecera Municipal Sector Comercial Recolección (kg)						Promedio (Kg/día)	Porcentaje (%)
	Recol. 1	Recol. 2	Recol. 3	Recol. 4	Recol. 5	Recol. 6		
Orgánico	32,74	56,92	41,57	78,32	37,37	78,65	54,26	44,67
Plástico	12,85	18,05	15,83	14,8	11,35	26,31	16,53	13,6

y Pet								
Papel y Cartón	**23**	**44,3**	**27,95**	**64,77**	**18,9**	**40,7**	**36,6**	**30,13**
vidrio	**6,75**	**8,15**	**7,3**	**10,7**	**8,15**	**11**	**8,68**	**7,14**
Metal	**0,65**	**0,75**	**0,5**	**0,65**	**0,55**	**1,05**	**0,69**	**0,57**
Sanitarios	**3,5**	**4,1**	**4,5**	**4,05**	**3,95**	**4,55**	**4,1**	**3,37**
otros	**0,9**	**1,9**	**0,85**	**0**	**0**	**0**	**0,61**	**0,5**
TOTAL	**80,39**	**134,17**	**98,5**	**173,29**	**80,27**	**162,26**	**121,47**	**100**

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 20. Resultados composición física de residuos sólidos sector comercial del Municipio de Bahía Solano



Fuente: Elaboración propia

4.2.2.4 Resultados composición física de residuos sólidos sector institucional del Municipio de Bahía Solano

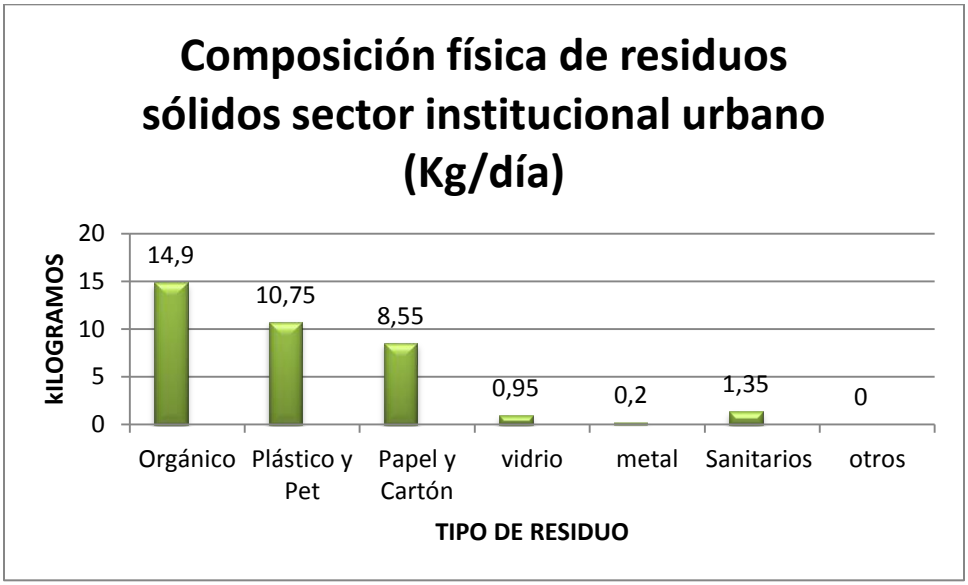
Se evidencia que la mayor producción de residuos en el sector institucional es proveniente de residuos orgánicos con un 32,85%, seguido de los plásticos y pet con un 32,34%, papel y cartón con un 23,54%, los sanitarios con un 5,90%, el vidrio con un 4,71%, y el metal con un 0,66%.

Tabla 10. Resultados composición física de residuos sólidos sector institucional del Municipio de Bahía Solano

Tipo de Residuo	Sector Institucional			Promedio	Porcentaje (%)
	Cabecera Municipal Recolección (kg)			(kg/día)	
	Recol. 1	Recol. 2	Recol. 3		
Orgánico	12,55	9,6	14,9	12,35	32,84
Plástico y Pet	9,33	16,4	10,75	12,16	32,34
Papel y Cartón	10,55	7,45	8,55	8,85	23,54
vidrio	3,95	0,4	0,95	1,77	4,71
Metal	0,4	0,15	0,2	0,25	0,66
Sanitarios	3,75	1,5	1,35	2,22	5,9
otros	0	0	0	0	0
TOTAL	**40,53**	**35,5**	**36,7**	**37,6**	**100**

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 21. Resultados composición física de residuos sólidos sector institucional del Municipio de Bahía Solano



Fuente: Elaboración propia

4.2.2.5 Resultados composición física de residuos sólidos de barrido y limpieza del área urbana en el Municipio de Bahía Solano

Se encontró que el 43% de los residuos de barrido y limpieza en el área urbana corresponde a los residuos plásticos y pet, y los orgánicos con un 36% que proviene principalmente de hojas secas y ramas, el 18% al material de vidrio, lo que supone que en las áreas públicas no hay suficientes canecas para disponer los residuos o que la cultura ciudadana en el municipio es baja.

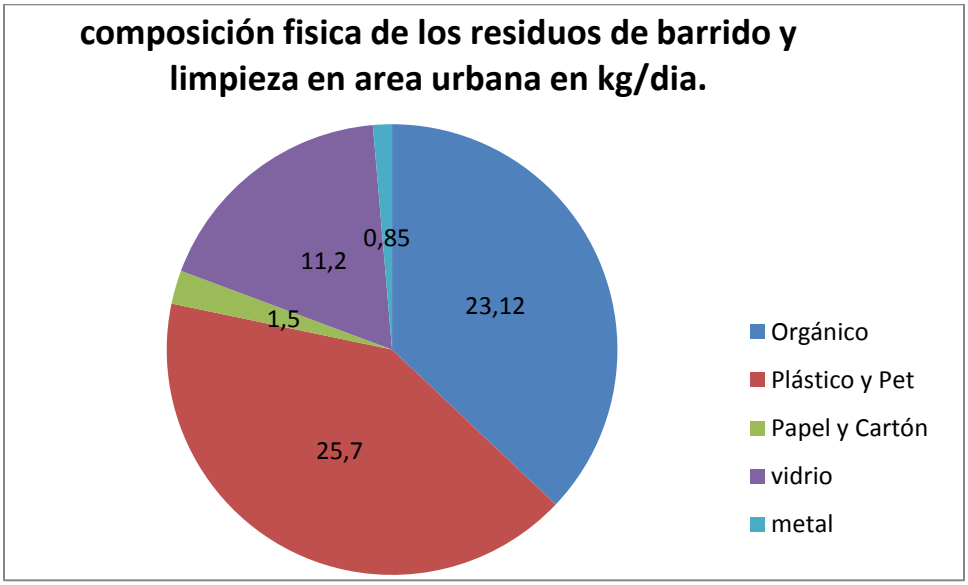
Tabla 11. Resultados de la caracterización física de los residuos sólidos de barrido y limpieza del área urbana en el Municipio de Bahía Solano

Tipo de residuo	**BARRIDO Y LIMPIEZA, EN ÁREA URBANA – CABECERA MUNICIPAL**			**Promedio (Kg/día)**	**Porcentaje (%)**
	Recolección. 1	**Recolección. 2**	**Recolección. 3**		
Orgánico	27,11	16,9	25,36	23,12	37%
Plástico y	33,4	23,08	20,64	25,7	41%
Papel y	1,5	0	0	1,5	2%

vidrio	10,1	7,1	16,41	11,2	18%
metal	0,7	0,54	1,32	0,85	1%
Total	72,81	47,62	63,37	62,37	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 22. Resultados de la caracterización física de los residuos sólidos de barrido y limpieza del área urbana en el Municipio de Bahía Solano



Fuente: Elaboración propia

4.3 DISEÑO DE LAS RUTAS PARA LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS.

Para el diseño de las microrrutas de recolección para los residuos sólidos urbanos en el municipio de Bahía Solano, se implementa un método heurístico mediante el cual se diseñan los mapas de localización e identificación de la zona a recorrer, también se presentan datos pertinentes e información concerniente a las fuentes de generación de desechos y la forma en que se calculan las variables presentando la información en tablas resumidas para facilitar la distribución preliminar de las rutas [27].

Conforme a la caracterización física de residuos sólidos en el municipio de Bahía Solano, Choco, se tiene que el casco urbano tiene una población de 4863 habitantes, los datos de producción diaria por habitante es de 0,34 Kg/hab*día, teniendo una generación diaria de residuos sólidos de 1653,42 Kg/día, tal como se indica en la Tabla 12.

Tabla 12. Datos población y generación de residuos

Habitantes	4863	
Producción Per Cápita	0,34	Kg/hab*día
Producción diaria residuos	1653,42	Kg/día

Fuente. DANE

Para 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 contenidos en el diagnóstico entre el peso específico en kg/m^3para cada uno que establece el RAS 2000 Título F.

En la Tabla 13 se muestran los materiales que componen los residuos generados en Bahía Solano, así como su participación porcentual, el peso específico y el volumen de estos.

Tabla 13. Composición residuos y generación en Toneladas y m3

Tipo de Residuo	**Total generación (Kg/día)**	**Total generación (Ton/día)**	**Porcentaje (%)**	**Peso específico (Kg/m^3)**	**Total generación (m^3/día)**
Orgánico	1015,1	1,0151	61%	291	3,488316151
Plástico y PET	210,18	0,21018	13%	65	3,233538462
Papel y cartón	127,68	0,12768	8%	69,5	1,837122302
Vidrio	64,95	0,06495	4%	196	0,331377551
Metal	13,19	0,01319	1%	320	0,04121875
Sanitarios	206,1	0,2061	12%	89	2,315730337
Otros	26,77	0,02677	2%	131	0,204351145
TOTAL	**1663,97**	**1,66397**	**100%**	**1030,5**	**11,4516547**

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 13 se aprecia que el sector urbano de Bahía Solano produce 11, 451 m^3 diarios de residuos sólidos.

En el diagnóstico se encontró que para la recolección se emplea una volqueta con capacidad de 8 m^3, la cual se muestra en la Ilustración 23*.*

Ilustración 23. Vehículo Recolector residuos de Bahía Solano

Fuente: Elaboración propia

Si bien el Decreto 2981 de 2013 contenido en el Decreto 1077 de 2015 permite el uso de vehículos sin caja compactadora para municipios con menos de 5000 usuarios, en el Título 2 Servicio Público de aseo, Capítulo 2 Transporte y Recolección de Residuos Aprovechables y No Aprovechables, Subsección 3 Recolección y Transporte, artículo 2.3.2.2.2.3.36**.** si se establece que el vehículo debe garantizar que los residuos estén cubiertos durante el transporte, a fin de reducir el contacto con la lluvia, el viento y se evite el esparcimiento o fuga de estos así como el impacto visual, además deben contar con mecanismos que impidan la pérdida de lixiviados. Características con las que no cuenta el vehículo actual de Bahía Solano. Por tanto se recomienda dar cabal cumplimiento a las otras características de los vehículos recolectores de las que trata el artículo mencionado anteriormente.

Una vez determinado el volumen de generación y las características mínimas del vehículo de recolección, se definen las frecuencias, el Parágrafo del artículo 2.3.2.2.2.3.32 del Decreto 1077 de 2015 establece que la frecuencia mínima de recolección y transporte de residuos sólidos no aprovechables será de dos (2)

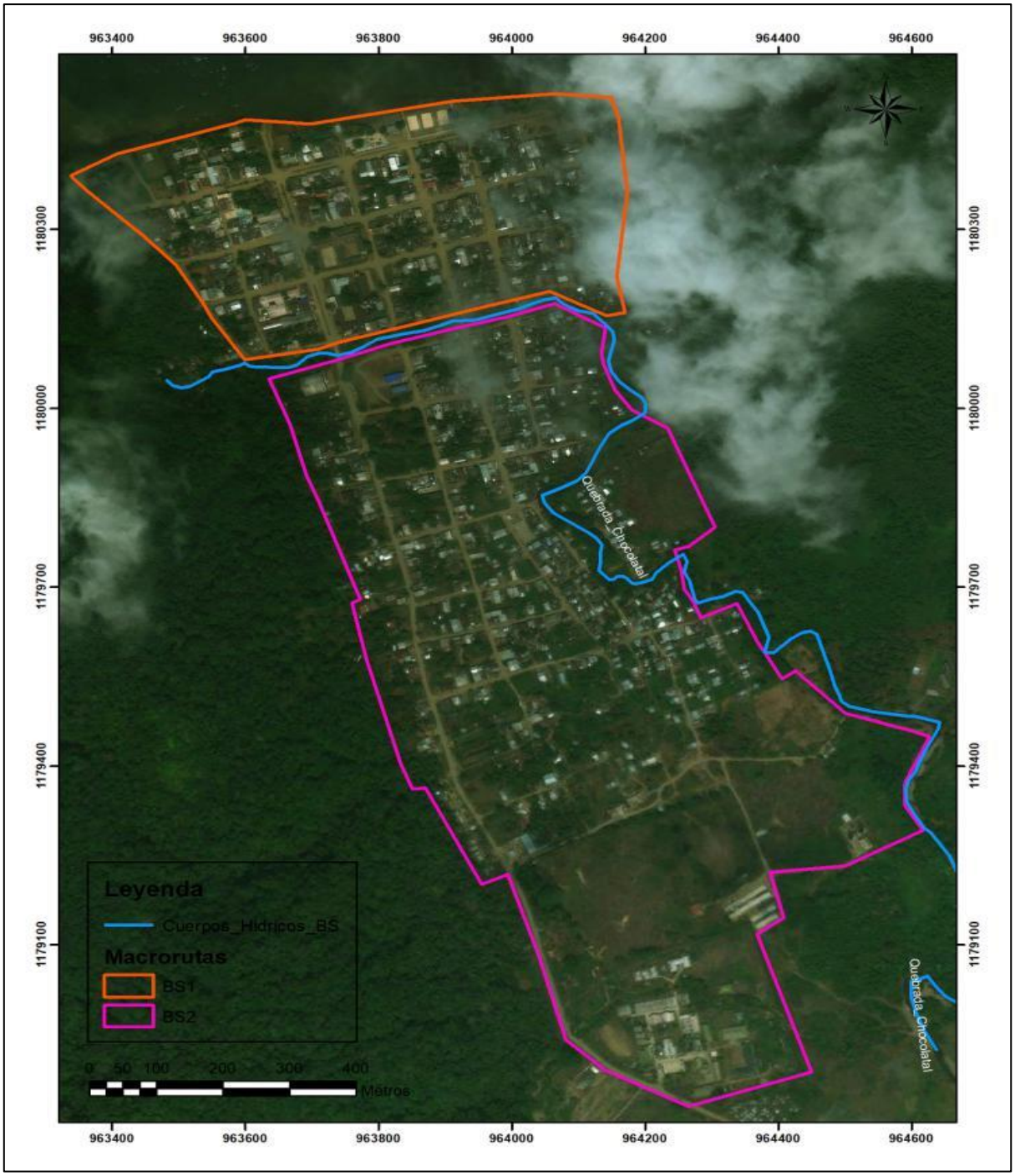
veces por semana, por lo, cual se establece recolectar los días lunes y jueves para la 1 macrorruta y los días martes y viernes para la macrorruta 2 por tanto los residuos acumulados corresponden a 3 y 4 días correspondientemente,

Según información encontrada en documentos municipales hay en promedio 30 viviendas por manzanas en el sector urbano, conforme a esto se calcula la cantidad promedio de residuos generados por sectores y las microrrutas para que el vehículo recolector alcance su capacidad por viaje.

4.3.1 Diseño de las macrorrutas para el municipio de bahía solano, sector urbano

La empresa Acuabahía viene operando su sistema de recolección a través de dos macrorrutas en las cuales la quebrada Chocolatal se toma como barrera natural que fracciona los barrios del sector urbano dividiendo los usuarios a atender tal como se observa en la Ilustración 24.

Ilustración 24. Macrorrutas de recolección actuales implementadas por la empresa Acuabahía municipio de Bahía Solano

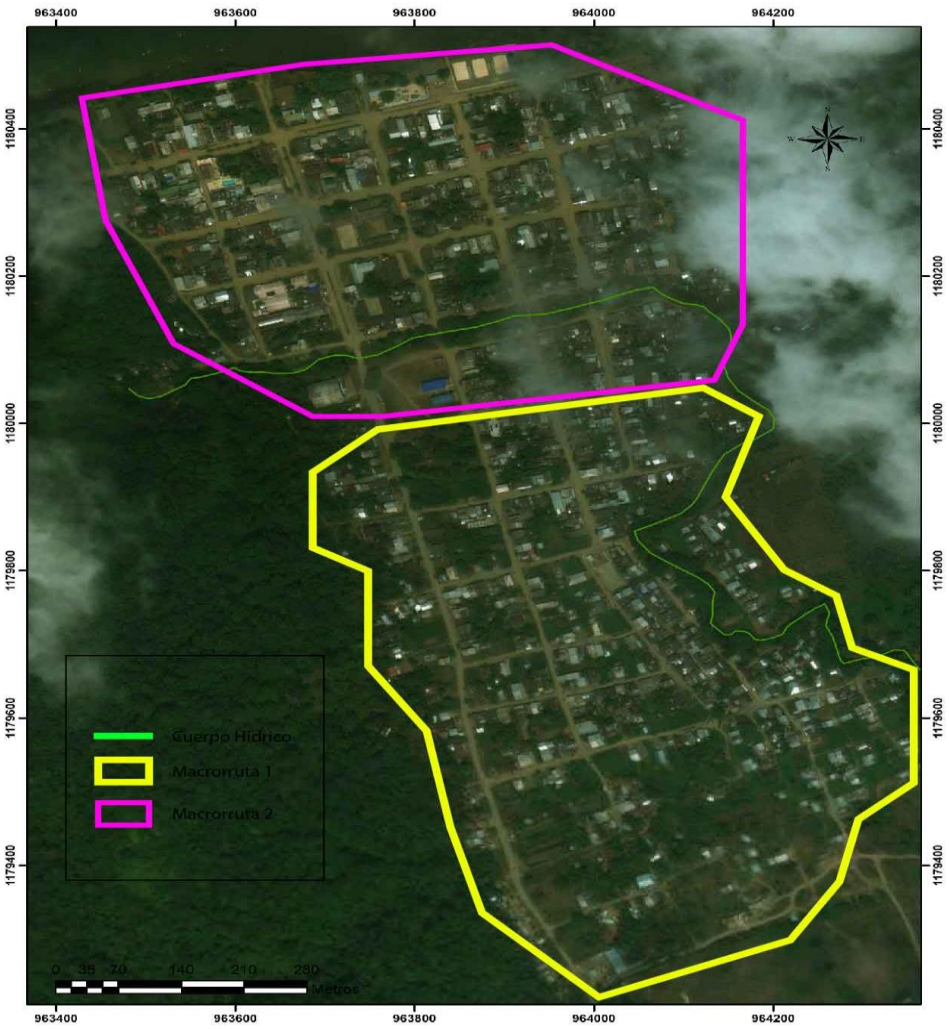


Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la ilustración 24 la distribución de los usuarios con que se vienen trabajando la empresa no es equivalente, por lo cual puede ser una causa para los incumplimientos en el servicio, ya que la macrorruta al norte de la quebrada se atiende un número menor de usuarios generando una jornada de recolección con horario muy corto lo cual es ineficiente respecto a la capacidad por jornada laboral en un día, por el contrario la recolección de la zona sur excede las 8 horas legales de jornada laboral en Colombia.

En vista de este panorama se diseñan dos nuevas macrorrutas que tienen como criterio atender un numero semejante de usuarios, la macrorruta 1 atenderá 608 usuarios pertenecientes a 23 manzanas y la macrorruta 2 atenderá 607,75 usuarios en 22 manzanas.

Ilustración 25. Nuevo diseño de las macrorrutas para el sector de Bahía Solano choco.



Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Calculo de las microrrutas

Inicialmente se establece el número de usuarios que serán atendidos por las microrrutas, para ello, se divide el número de habitantes del sector urbano, y conforme al boletín del perfil del censo general para Colombia del año 2005, el promedio de personas por hogar en Colombia es de 3.9 de esta forma el número de usuarios a atender aproximando los habitantes por hogar a cuatro personas da 1215,75, entendiendo que diariamente se producen 1663,97 kg de residuos sólidos, se calcula con esto la producción diaria por usuario:

$$\text{Producción diaria por usuario} = \frac{1663{,}97 \text{ kg /dia}}{1215{,}75\ usuarios} = 1{,}36 \text{ Kg/usuario} * \text{día}$$

Lo cual se divide entre el promedio del peso específico de los residuos producidos en el municipio (**tabla 13**) y así expresar en volumen la producción diaria por usuario.

$$\text{Producción diaria por usuario} = \frac{1{,}36 \text{ Kg/usuario} * \text{día}}{147{,}214\ kg/m^3} = 0{,}00923\ m^3/\text{usuario} * \text{día}$$

Por otro lado actualmente la empresa de servicios Acuabahía atiende en los barrios del norte 20 manzanas y en el sur 25 manzanas dato proporcionado por Acuabahía, se equilibran las cargas aumentando la atención en la macrorruta norte de 23 usuarios y dejando en la segunda macrorruta 22 manzanas a atender, además, considerando que las frecuencias de recolección de 2 días por semana con que viene operando el municipio satisface la generación de estos, y aumentar una frecuencia incurriría en elevados costos de operación, se mantendrán los días de recolección por zonas como ya se ha por la empresa, pero se ajustan el número de microrrutas y recorridos teniendo en cuenta el número de usuarios a atender por zonas de la siguiente forma:

- ✓ Zona norte

  El sector al norte de la quebrada Chocolatal correspondiente a los barrios El Carmen, Panquiaco, Chambacu, Fillo Castro y Chitré tienen 608 usuarios.

$$\frac{608\ usuarios \times 1{,}36 \text{ kg/usuario} * \text{día} \times 3 \text{ días}}{147{,}2\ kg/m^3} = 16{,}85\ m^3$$

  Por tanto para la zona norte los residuos acumulados entre lunes y jueves corresponden a 16,85 m^3 que dividido entre los 8 m^3 capacidad del vehículo

determina que para cubrir el volumen generado se deben realizar 2,10 viajes aproximado de 3 microrrutas.

$$\frac{608\ usuarios \times 1{,}36\ \text{kg/usuario} * \text{día} \times 4\ \text{días}}{147{,}2\ kg/m^3} = 22{,}46\ m^3$$

Del mismo modo se calcula el volumen acumulado a recoger entre los días jueves a lunes reconociendo que es mayor cantidad de residuos por corresponder a 4 días acumulados, por tanto se determina que para cubrir el volumen generado de 22,46 m^3 se deben realizar 2,8 viajes aproximado de 3 microrrutas.

- ✓ Zona sur

El sector al sur de la quebrada Chocolatal correspondiente a los barrios Chocolatal, Floresta, Nuevo Onety, Poblado, Las Conchitas y Aeropuerto tienen 607,75 usuarios.

$$\frac{607{,}75\ \ usuarios \times 1{,}36\ \text{kg/usuario} * \text{día} \times 3\ \text{días}}{147{,}2\ kg/m^3} = 16{,}84\ m^3$$

Por tanto para la zona sur los residuos acumulados entre martes y viernes corresponden a 16,84 m^3 que dividido entre los 8 m^3 capacidad del vehículo determina que para cubrir el volumen generado se deben realizar 2,105 viajes aproximado de 3 microrrutas.

$$\frac{607{,}75\ \ usuarios \times 1{,}36\ \text{kg/usuario} * \text{día} \times 4\ \text{días}}{147{,}2\ kg/m^3} = 22{,}46\ m^3$$

Del mismo modo se calcula el volumen acumulado a recoger entre los días viernes a martes reconociendo que es mayor cantidad de residuos por corresponder a 4 días acumulados, por tanto se determina que para cubrir el volumen generado de 22,46 m^3 se deben realizar 2,8 viajes aproximado de 3 microrrutas.

Por tanto estos cálculos permiten evidenciar la generación de residuos sólidos generados durante una semana en volumen por los usuarios en el sector urbano del municipio, de igual forma se asigna un valor de generación aproximado de generación por sectores para garantizar que las rutas de recolección a diseñar recolecten el total de los residuos generados y sea compatible con la capacidad del vehículo recolector.

Por tanto para la macrorruta 1 al norte del puente Chocolatal se deberá cumplir con 3 microrrutas que atiendan el día lunes y jueves, y para la macrorruta 2 al sur del puente Chocolatal se deberá cumplir también con 3 microrrutas que atiendan el día martes y viernes, las actuales frecuencias dan cumplimiento con artículo 2.3.2.2.2.3.32 del Decreto 1077 de 2015.

Tabla 14. Parámetros para el diseño de las microrrutas

PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
Habitantes	4863	
Producción Per Cápita	0,34	Kg/hab*día
Producción diaria residuos	1663,97	Kg/día
Producción diaria residuos	11,45	m^3/día
Habitantes por usuario	4	
Usuarios	1215,75	
Producción diaria de residuos por usuario	1,36	Kg/usuario*día
Producción diaria de residuos por usuario	0,00941	m^3/usuario*día
Capacidad vehículo	8	m^3

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Horarios de recolección

Cada macrorruta se conforma por dos frecuencias de recolección semanal, en las cuales se atiende 3 microrrutas para cada una, así mismo, se establecieron los horarios y frecuencias en las que estas operarán, los horarios de recolección obedecen a la jornada laboral de los operarios, esta información se encuentra en la Tabla 15.

Tabla 15. Horarios y frecuencias de operación de recolección propuestas

Macrorruta	Microrruta	Barrios,	FRECUENCIA	Hora	Hora

		comunas o similares	Lu	Ma	Mie	Jue	Vi	Sa	Do	inicio	Fin
M1	M 1.1	El Carmen, Panquiaco, Chambacu, Fillo Castro y Chitré.	X			X				6:00	7:30
	M 1.2		X			X				9:00	10:30
	M 1.3		X			X				12:00	1:30
M2	M 2.1	Chocolatal, Floresta, Nuevo Onety, Poblado, Las Conchitas y Aeropuerto		X			X			6:00	7:30
	M 2.2			X			X			9:00	10:30
	M 2.3			X			X			12:00	1:30

Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Calculo de los tiempos de recolección y transporte

Los cálculos de los tiempos de servicio se sabe que existe una jornada de recolección para cada macrorruta, la primera jornada se compone del conjunto de tiempos empleados en la recolección y disposición final de los residuos sólidos para las microrrutas M 1.1, M 1.2 y M 1.3 las cuales componen la primera macrorruta M1, para las cuales se atiende en un tiempo total de 5:14 horas, en la segunda jornada correspondiente a las microrrutas M 2.1, M 2.2 y M 2.3 se tiene un estimado de 5:29 hora de servicio.

El tiempo de descarga de los residuos en el sitio de disposición es 25 minutos y el tiempo de preparación y salida del vehículo en el parqueadero es de 10 minutos, valores constantes para las 6 microrrutas, por otro lado las manzana de la zona de las 2 primeras microrrutas BS1.1 Y BS1.2 se recorren con una distancia promedio de 0,36 km y las manzanas en la microrruta BS2.2 presentan una distancia promedio de 0,42 km datos medidos en Google Earth. Por lo tanto tiempo total

Tabla 16. Cálculos de los tiempos empleados en la jornada de recolección para la macrorruta M1

	Concepto	Distancia Km	Velocidad promedio de recorrido Km/h	Tiempo h

T0	Tiempo en el parqueadero	0	0	0,16
T1	Tiempo de desplazamiento del parqueadero a la microrruta M1.1	0,087	30	0,0029
T2	Tiempo de recorrido de la microrruta M1.1	1,97	3	0,65
T3	Tiempo del fin de la microrruta BS1.1 al botadero	6,6	30	0,22
T4	Tiempo de descarga en el botadero	0	0	0,416
T5	Tiempo de desplazamiento del botadero a la microrruta M1.2	6,61	30	0,22
T6	Tiempo de recorrido de la microrruta M1.2	2,54	3	0,84
T7	Tiempo del fin de la microrruta M1.2 al botadero	6,5	30	0,21
T8	Tiempo de descarga en el botadero	0	0	0,416
T9	Tiempo de desplazamiento del botadero a la microrruta M1.3	6,6	30	0,22
T10	Tiempo de recorrido de la microrruta M1.3	2,83	3	0,943
T11	Tiempo del fin de la microrruta M1.3 al botadero	6,4	30	0,21
T12	Tiempo de descarga en el botadero	0	0	0,416
T13	Tiempo de desplazamiento del botadero al parqueadero	6,616	30	0,22
Tiempo total jornada de recolección para la macrorruta 1				5,14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Cálculos de los tiempos empleados en la jornada de recolección para la macrorruta M2

	Concepto	Distancia Km	Velocidad promedio de recorrido Km/h	Tiempo h
T0	Tiempo en el parqueadero	0	0	0,16
T1	Tiempo de desplazamiento del parqueadero a la microrruta M2.1	0,087	30	0,0029
T2	Tiempo de recorrido de la microrruta M2.1	2,26	3	0,75
T3	Tiempo del fin de la microrruta BS1.1 al botadero	6,32	30	0,21
T4	Tiempo de descarga en el botadero	0	0	0,416
T5	Tiempo de desplazamiento del botadero a la microrruta M2.2	6,24	30	0,208
T6	Tiempo de recorrido de la microrruta M2.2	2,47	3	0,82
T7	Tiempo del fin de la microrruta M2.2 al botadero	6,3	30	0,21
T8	Tiempo de descarga en el botadero	0	0	0,416
T9	Tiempo de desplazamiento del botadero a la microrruta M2.3	6,33	30	0,21
T10	Tiempo de recorrido de la microrruta M2.3	3,21	3	1,07
T11	Tiempo del fin de la microrruta M2.3 al botadero	5,58	30	0,186
T12	Tiempo de descarga en el botadero	0	0	0,416

T13	Tiempo de desplazamiento del botadero al parqueadero	6,616	30	0,22
Tiempo total jornada de recolección para la macrorruta 2				5,29

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos se calcularon dividiendo la distancia recorrida sobre la velocidad para cada caso, los valores constantes en el cálculo de los tiempos fueron:

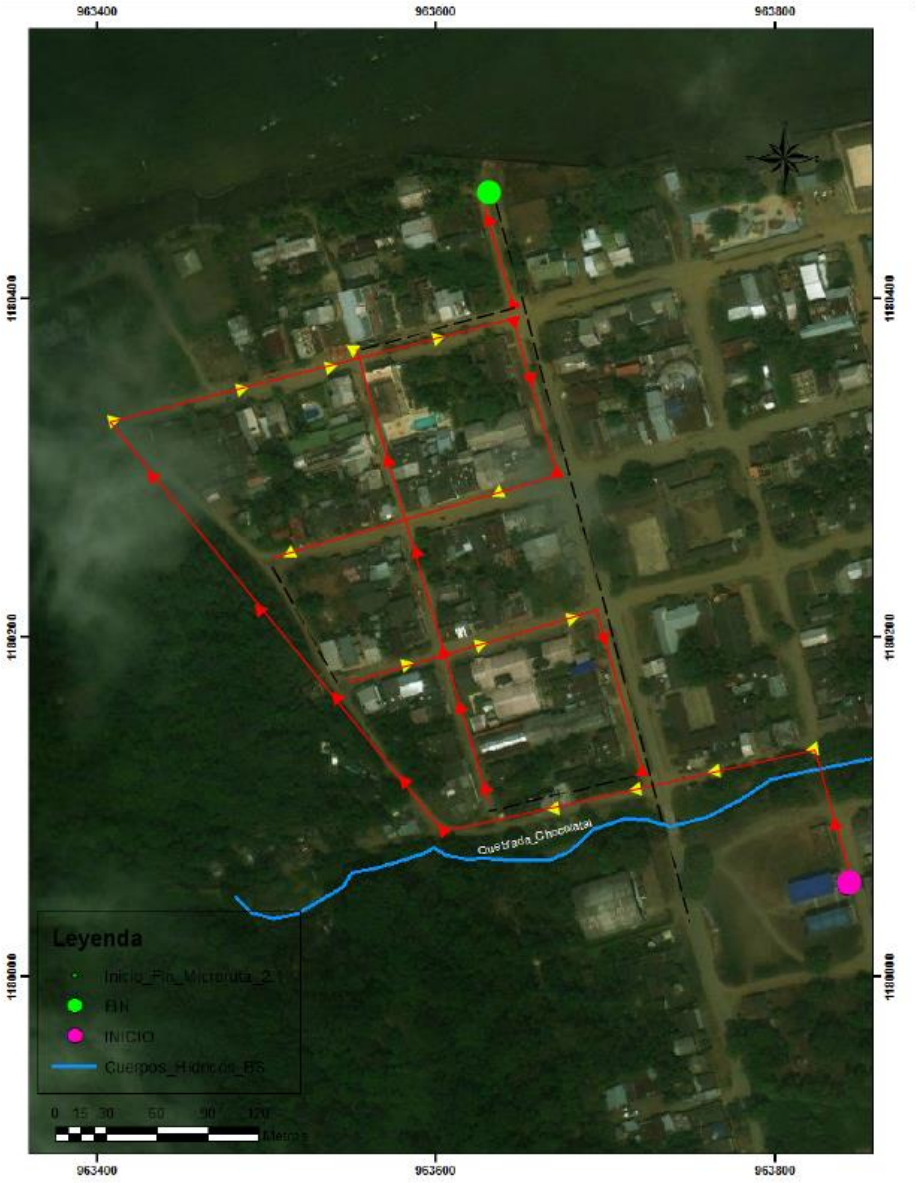
- ✓ Velocidad promedio de recolección por microrruta: 3 km/h
- ✓ Velocidad promedio de recorrido hasta sitio de disposición final: 30 km/h
- ✓ Tiempo de descarga en el botadero: 25 minutos= 0,416 horas
- ✓ Tiempo de preparación y salida del vehículo en el parqueadero 10 minutos =0,16 horas

4.3.5 Microrrutas de recolección de los residuos sólidos para la zona urbana del municipio de Bahía Solano

A continuación se anexan las 6 microrrutas de las cuales es importante resaltar que la microrruta está diseñada para atender aproximadamente 162 usuarios, a falta del catastro de usuarios, se hace necesario validar en campo que la ruta cumple con la capacidad del vehículo, en caso de que la exceda, se debe adaptar a las condiciones operativas. Por otro lado para garantizar la eficiencia de la recolección se plantea una recogida en doble peine de forma que al pasar el vehículo por cada carrera y calle los operadores recojan a lado y lado de las carreteras.

Las vías en su totalidad son de doble sentido y tienen un ancho promedio de 6 metros, en las microrrutas se simboliza con el trazado de la línea continua el trayecto en que el vehículo va recolectando y en línea punteada cuando pasa sin recolectar el punto de inicio es frente a las instalaciones de la empresa de servicios públicos Acuabahía.

Ilustración 26. Microrruta M1.1



Fuente: Elaboración propia

La microrruta M1.1 estará encargada de recoger los residuos correspondientes a los usuarios del norte de la quebrada Chocolatal en la primera fracción de manzanas el recorrido finaliza en una calle cerrada por lo cual el vehículo regresa en giro y se dirige a disponer.

Ilustración 27. Microrruta M 1.2

Fuente: Elaboración propia

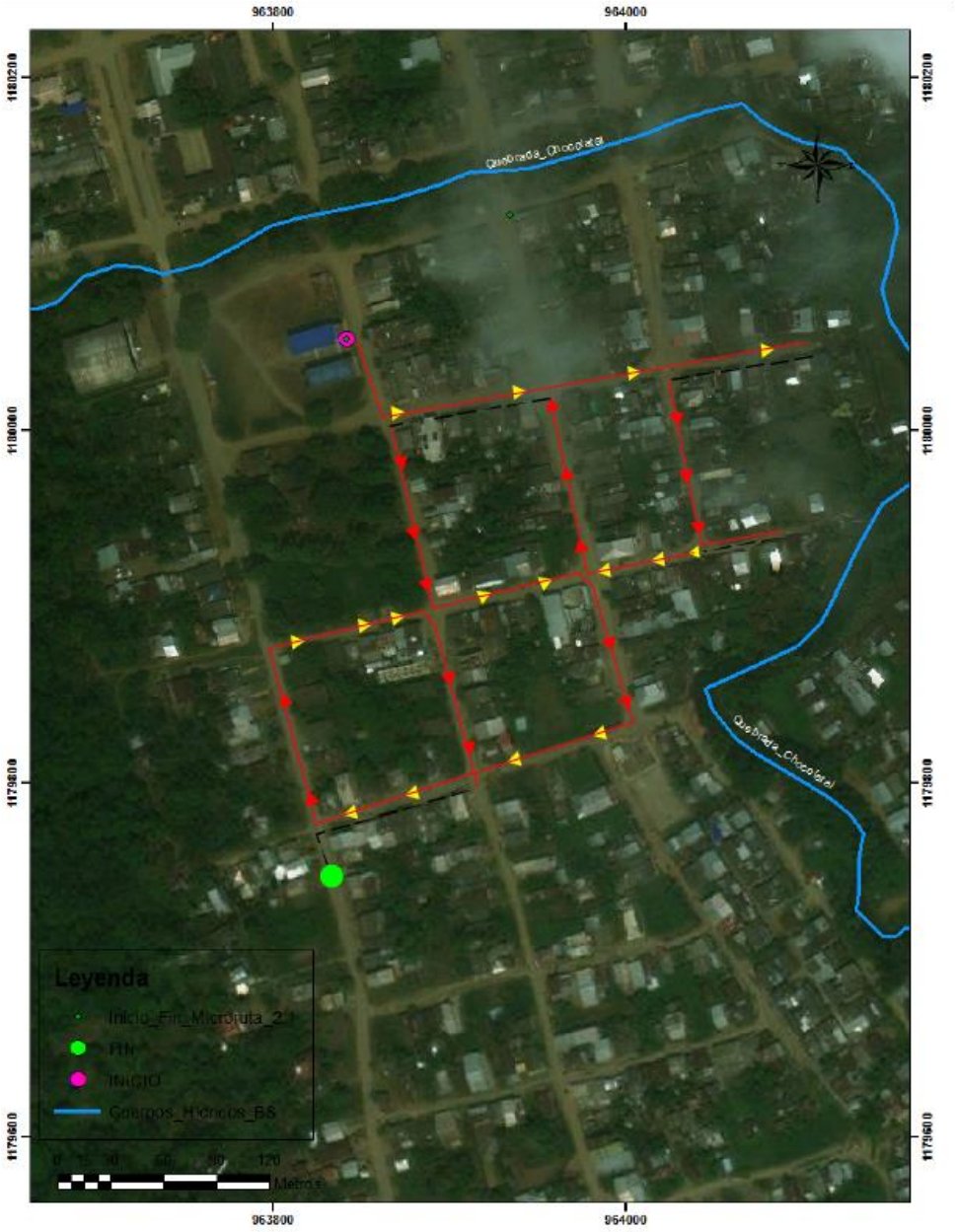
La microrruta M1.2 estará encargada de recoger los residuos correspondientes a los usuarios del norte de la quebrada Chocolatal en la segunda fracción de manzanas el recorrido inicia recolectando una manzana al sur de la quebrada.

Ilustración 28. Microrruta M 1.3

Fuente: Elaboración propia

La microrruta M1.3 estará encargada de recoger los residuos correspondientes a los usuarios del norte de la quebrada Chocolatal en la tercera fracción de manzanas el recorrido inicia recolectando una manzana al sur de la quebrada la cual tiene calles cerradas al lado y lado por condiciones del terreno.

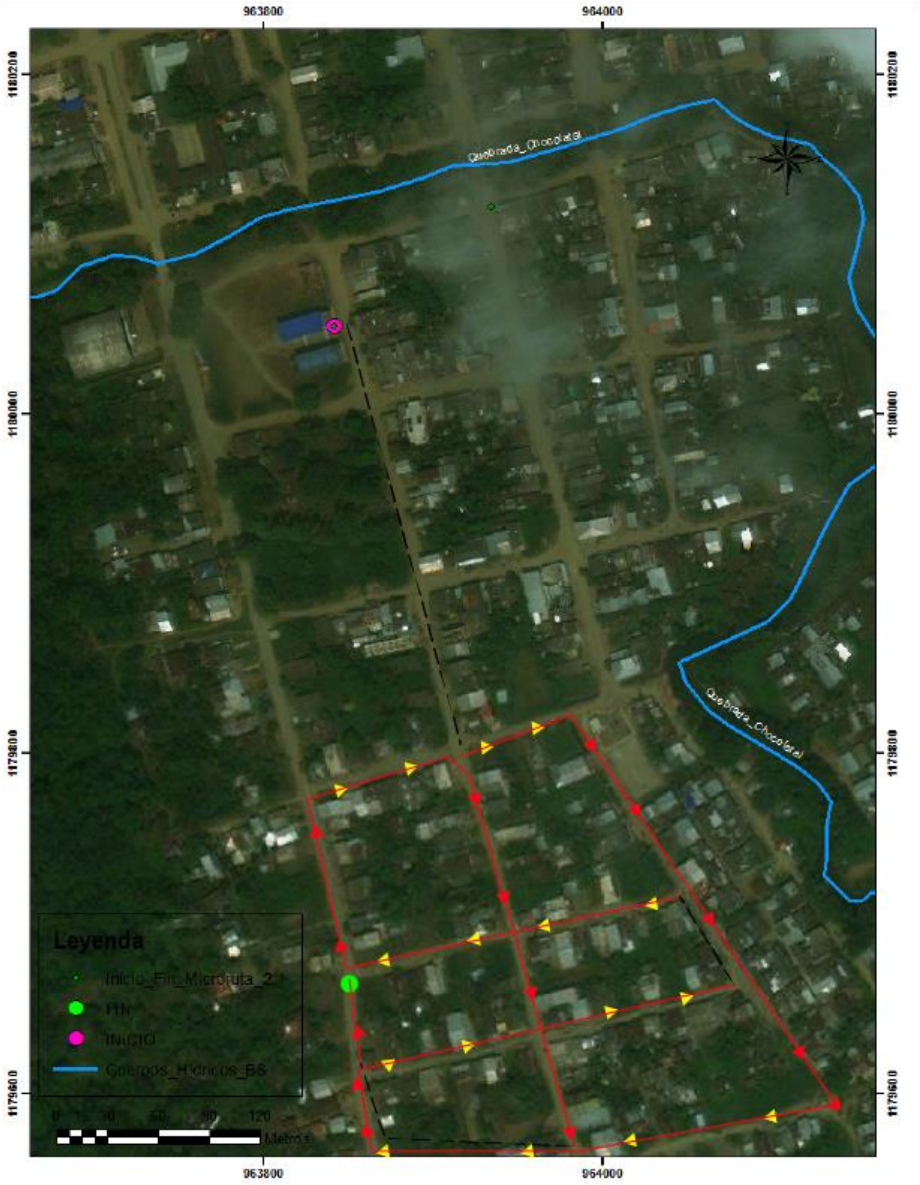
Ilustración 29. Microrruta M 2.1



Fuente: Elaboración propia

La microrruta M2.1 estará encargada de recoger los residuos correspondientes a los usuarios del sur de la quebrada Chocolatal en la primera fracción de manzanas el recorrido inicia recolectando una manzana frente al parque donde solo hay una cancha de futbol por lo que no simboliza recolección en esta.

Ilustración 30. Microrruta M 2.2



Fuente: Elaboración propia

La microrruta M2.2 estará encargada de recoger los residuos correspondientes a los usuarios del sur de la quebrada Chocolatal en la segunda fracción de manzanas se recolectan seis manzana y el vehículo se dirige a disponer.

Ilustración 31. Macrorruta M2.3

Fuente: Elaboración propia

La microrruta M2.3 estará encargada de recoger los residuos correspondientes a los usuarios del sur de la quebrada Chocolatal en la tercera fracción de manzanas el recorrido abarca una gran manzana en la cual por condiciones del terreno el vehículo no puede acceder por lo cual los usuarios deberán presentar sus residuos mediante el método de esquina en los puntos acordados donde el vehículo los recolectara.

5 RESULTADOS OBTENIDOS

Con la realización del diagnóstico del actual estado del sistema de gestión de residuos sólidos en el municipio de Bahía Solano se obtuvo un panorama negativo frente al cumplimiento de la normatividad nacional, principalmente frente al Decreto 2981 de 2013 siendo esté el que reglamenta las actividades en la prestación del servicio público de aseo, Para lograr una mejor gestión de los residuos sólidos el municipio de Bahía Solano deberá implementar un adecuado PGIRS, con programas para la mejora de todos los componentes a atender según el decreto 2981 de 2013, y conforme a este fijar pautas de acción al prestador del servicio público de aseo.

La presentación de los residuos sólidos por parte de los usuarios se realiza mediante el método de acera, el cual es adecuada para el municipio, por otro lado ningún habitante realiza proceso de separación en la fuente, por lo cual, es indispensable promover campañas informativas sobre la importancia y proceso de esta actividad, además los residuos son presentados en recipientes inapropiados para su naturaleza como son las bolsas plásticas, por lo que se recomienda a la empresa prestadora promover a la población para que presenten los residuos al servicio de recolección, en recipientes retornables, preferiblemente canecas de plástico con tapa o lámina galvanizada con capacidad entre 50 y 100 lt por no ser tan alto el volumen de residuos y facilitando la manipulación de los recolectores, también se debe determinar los usuarios catalogados como grandes generadores, ya que estos deberán ser aforados, y establecer si se requiere una microrruta especial para la recolección de sus residuos, en caso de esto, deberán ser excluidos de la microrruta ordinaria.

En cuanto al servicio de recolección y transporte se presenta varios incumplimientos e ineficiencia en su esquema actual, en el sector urbano se ofrece una frecuencia de recolección convencional cumpliendo la frecuencia mínima de recolección según el decreto 2981 der 2013 artículo 33, de dos días a la semana, aunque comúnmente se incumplen por falta de control administrativo o condiciones de terreno, tampoco se realiza ningún tipo de ruta de recolección especial al no tener aforados y clasificados los grandes generadores en el municipio, por otro lado se cuenta con un único vehículo recolector con capacidad de 8 m^3que no poseer caja compactadora ni mecanismos que controle la perdida de lixiviados como lo estipula el decreto 1075 de 2015 artículo 2.3.2.2.2.3.36, este vehículo deberá ser adaptado con un mecanismo de cobertura durante el transporte, de manera que se reduzca el contacto con la lluvia, el viento y se evite el esparcimiento e impacto visual, también deberá ser dotado con equipos de

carretera y realizarse mantenimientos preventivos y chequeos mecánicos para no prescindir de él los días de servicio.

El servicio de barrido, limpieza de vías y áreas públicas a pesar de dificultarse por las vías estar sin pavimentación se está desarrollando adecuadamente de forma manual por 6 trabajadores (escobitas) equipados con los implementos adecuados. Por el contrario las actividades de aprovechamiento y lavado de áreas públicas no se han venido implementando, y en ambas se han dado las condiciones adecuadas para que se formalicen su integración al esquema de prestación del servicio de aseo.

Uno de los temas críticos actualmente para el municipio es la disposición final de los residuos sólidos ya no se posee un sistema de tratamiento adecuado ya que los residuos sólidos recolectados por el servicio de aseo municipal se disponen en un botadero a cielo abierto el cual según el artículo 13 de la Resolución 1045 de 2003 expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, debería estar clausurado y en el terreno deberían adelantarse obras de restauración ambiental pero no se han cumplido con estas disposiciones a la fecha y además el municipio no tiene identificado áreas potenciales donde ubicar el relleno sanitario. Estas disposiciones de clausura y restauración del botadero ya se encuentran en etapa sancionatoria, por lo que se deberán presentar ante Codechoco los documentos pertinentes e iniciar el proyecto de construcción del relleno sanitario comenzando por la identificar las áreas potenciales para la construcción del relleno sanitario.

En el estudio de caracterización física de los residuos sólidos urbanos para el municipio se determinó que hay una producción per cápita de 0,34 kg/hab*dia de residuos sólidos, también se encuentra que la zona urbana del municipio genera 1663,97 kg/día de los cuales el sector residencial produce una considerable cantidad de residuos para un total de 1442,53 kg/día seguido por la generación del sector comercial con 121,47 kg/día y del sector institucional con 37,66 kg/día de residuos sólidos, por otro lado hay un significativo porcentaje en la generación de residuos orgánicos con un 61% y un 13% de plástico y PET sobre el total de residuos generados en el sector urbano municipal.

Las nuevas macrorrutas diseñadas para la recolección y transporte de los residuos sólidos equilibran el número de usuarios a atender por frecuencias de recolección y el tiempo total de jornada laboral cumple con las 8 horas laborales legales en Colombia, dentro de la macrorruta 1 correspondiente a los barrios El Carmen, Panquiaco, Chambacu, Fillo castro y chitre se diseñas 3 microrrutas que operaran de la misma forma los días lunes y jueves y para la segundas macrorruta 2 corresponden a los barrios Chocolatal, Floresta, Nuevo Onety, Poblado, Las

Conchitas y Aeropuerto también se diseñan 3 microrrutas las cuales recolectaran los días Martes y Viernes en las mismas jornadas que para las primeras microrrutas de 6:00 a.m. hasta la 1:30 p.m.

Se recomienda establecer las frecuencias de recolección teniendo en cuenta una producción diaria de residuos por usuario de 0,0094 m^3/usuario*día y un único vehículo recolector con capacidad de 8m^3.

Entendiendo las dinámicas y costumbres de la población se propone establecer programas sencillos enfocados a métodos de aprovechamiento de los residuos orgánicos ya que el 61% del total de residuos generados por los usuarios del servicio de aseo son de este tipo, también los resultados de las encuestan muestran que un 79% de la población encuestada está dispuesta a realizar separación de los residuos en la fuente y que la causa de no hacerlo actualmente es por la falta de información al respecto, principalmente con fin de aprovechar los residuos orgánicos en las viviendas; es por esto que los programas a proponer deben estar basados en la Resolución 0276 de 2016 siendo esta la normativa que reglamenta los lineamientos del esquema operativo de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y del régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio acorde con lo establecido en el capítulo 5 del título 2 de la parte 3 del Decreto 1077 de 2015 [28].

6 BIBLIOGRAFÍA

[1] G. Correa, «Bodas de Oro de Bahía Solano,» *Chocó 7 días,* vol. Edición No. 888, 2012.

[2] Ministerio de Trabajo - PNUD, «Estudio de Perfil Productivo Rural y Urbano del municipio de Bahía Solano,» RED ORMET, Bahía Solano, 2013.

[3] DANE, «Proyecciones de Población,» 28 11 2017. [En línea]. Available: http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion.

[4] Alcaldía Municipal de Bahía Solano, «Nuestro municipio,» Bahía Solano, 2017.

[5] Fundacion DIPECHO, «Estrategia de Respuesta a Emergencias en el municipio de Bahía Solano,» Bahia Solano, 2012.

[6] Y. Zhifeng, «Characterizing urban metabolic systems with an ecological hierarchy method,» *Elsevier,* vol. 121, pp. 19-33, 2014.

[7] D. Harvey, Espacios del capital Hacia una geografía crítica, Edad Contemporánea-XX, 2007.

[8] Alcaldía mayor de Bogota D.C.Secretaría Distrital de Salud, Secretaría DistritalL de Ambiente, «Política Distrital de Salud Ambiental para Bogotá D.C. 2011-2023,» pag.75, Bogotá D.C, 2011.

[9] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Decreto 1503 de 2003,» Bogotá D.C, 2003.

[10] S. Y. Bonivento, «Guia para la implementación de la metodología de formulación de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos "PGIRS", estudio de caso,» Universidad del Bosque, Bogotá D.C, 2005.

[11] OPS/CEPIS, «GUÍA PARA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS,» Fulltext, Lima, 2005.

[12] Presidente de la República de Colombia, «Decreto 2981 de 2013,» Secretaría Jurídica Distrital, Bogotá D.C, 2013.

[13] ANLA Autoridad Ambiental de Licencias Ambientales, «Manejo de Residuos Solidos- Municipio de Bahia Solano,» 2006. [En línea]. Available: https://cse.google.es/cse/publicurl?cx=010628083686246290906:2lirwaxzvdk.

[14] Defensoria del pueblo Departamento del Choco, «Informe defensorial regional No. 001 Servicios públicos de alcantarilllado, acueducto y aseo en once municipio del Choco,» Quibdo, 2003.

[15] M. F. Bustos, «Descripción de las etapas de almacenamiento recolección y transporte de los residuos solidos en el sistema de aseo urbano en el municipio de Chinu,» Universidad de Sucre, Sucre, 2008.

[16] Ministerio de medio Ambiente, Ministerio de Desarrollo Económico, «Decreto 1713 de 2002,» Bogotá, D. C, 2002.

[17] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio., « Decreto 1077 de 2015,» Presidencia de la República de Colombia, Bogotá D.C, 2015.

[18] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, «Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS, Título F, Sistemas de Aseo Urbano,» Bogotá D.C, 2000.

[19]Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Resolución 472 de 2017,» Bogotá, D. C, 2017.

[20]Conngreso de la Republica de Colombia, «Ley 142 de 1994,» Bogotá.D.C, 1994.

[21]UAESP, «Resolución 799 de 2012,» Bogotá.D.C, 2012.

[22]Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Resolución 1390 de 2005,» Bogotá, D. C, 2005.

[23]Departamento Nacional de Planeación, *Guía matodológica para el seguimiento y la gestión,* Bogotá.D.C: DNP, 2016.

[24]C. Ochoa, «Muestreo probabilístico,» 2011. [En línea]. Available: https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-estratificado. [Último acceso: 2018].

[25]Acción social fondo de inversión social para la paz , *Plano optimización sistema de alcantarillado y acueducto,* Bahía Solano: CONSORCIO ESSMIN, 2010.

[26]Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), «Guía para la caracterización de los residuos sólidos domíciliarios,» Fulltext, Lima, 2005.

[27]Secretaría de Desarrollo Social, «Manual para el diseño de rutas de recolección de los residuos sólidos municipales,» Human Consultores, S.A., Mexico. D.F, 1997.

[28]Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, «Resolución 0276 de 2016 – Reglamentación del Esquema Operativo de Aprovechamiento Servicio Público de Aseo,» Bogotá.D.C, 2016.

[29]Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, «Resolución 807 de 2017 Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico,» Bogotá D.C, 2017.