

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA EL SISTEMA GENERAL DE
RECOLECCIÓN DE RESIDUOS EN LA VEREDA SANTA ANA ALTA**

YEISON SEBASTIAN GANTIVA RODRIGUEZ

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
INGENIERIA INDUSTRIAL
BOGOTA D. C.
2022**

YEISON SEBASTIAN GANTIVA RODRIGUEZ

PRACTICA DE DESARROLLO COMUNITARIO

ALEXIS NAVAS DOMINGUEZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
INGENIERIA INDUSTRIAL
BOGOTA D. C.
2022

CONTENIDO

1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	6
2. INTRODUCCIÓN	7
3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN SOCIAL	8
4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	10
5. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GENERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
6. JUSTIFICACIÓN DE PERTINENCIA SOCIAL	15
7. ALCANCE O DELIMITACIÓN	17
8. MARCO REFERENCIAL	19
8.1 MARCO METODOLÓGICO	19
8.2 MARCO CONCEPTUAL	22
8.2.1 RESIDUOS SOLIDOS	22
8.2.2 LOGISTICA	23
8.2.3 HEURÍSTICA	24
8.2.4 PROBLEMA DEL RUTEO DE VEHÍCULOS	24
8.3 MARCO TEÓRICO	25
8.3.1 RESIDUOS SÓLIDOS Y SU IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE	25
8.3.2 LOGISTICA DE RESIDUOS DOMICILIARIOS	26
8.2 MARCO LEGAL	27
9 DESARROLLO DE ACTIVIDADES REALIZADAS	29
10 ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS	50
11 POSIBILIDADES Y ESTRATEGIAS DE CONTINUIDAD O AUTO SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO	52
12 PRODUCTOS FINALES DE ORDEN SOCIAL ENTREGADOS A LA EMPRESA Y COMUNIDAD	53
13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
14 ANEXOS	56
15 BIBLIOGRAFÍA	57

RESUMEN

En este proyecto se busca plantear una propuesta de mejoramiento al sistema de recolección de residuos de la empresa Ecosiecha S. A. E. S. P. del municipio de Guasca, específicamente a la vereda Santa Ana Alta, mediante una profunda inspección a la vereda y a los procesos realizados por la empresa para la ejecución del sistema, con el fin de realizar una propuesta de ruteo mediante un software de planeación de rutas, con el fin de mejorar las condiciones de vida de los habitantes del sector, y lograr preservar los recursos hídricos, la fauna y la flora del territorio veredal.

Se realizó una caracterización a los hogares de la vereda para observar sus condiciones de vida y cuantificar dichos aspectos necesarios para la propuesta de ruteo. El resultado de este proyecto fue la propuesta de unas nuevas rutas, según las que ya se encuentran en ejecución por parte de la empresa de servicios públicos del municipio, logrando aumentar los clientes y los ingresos de la empresa, además, del mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la percepción que tienen respecto al medio ambiente y de los disminuir los niveles de contaminación del sector.

Abstract:

This project seeks to propose a proposal to improve the waste collection system of the company Ecosiecha S. A. E. S. P. in the municipality of Guasca, specifically in the Santa Ana Alta village, through a thorough inspection of the village and the processes carried out by the company for the execution of the system, in order to carry out a simple routing proposal through a route planning software, in order to improve the living conditions of the inhabitants of the sector, and to preserve the water resources, the fauna and the flora of the village territory.

A characterization of the homes of the village was carried out to observe their living conditions and quantify these aspects necessary for the routing proposal. The result of this project was the proposal of some new routes, according to those that are already being executed by the municipal public services company, managing to increase the clients and the income of the company, in addition to improving the quality of life of the inhabitants, the perception they have regarding the environment and the reduction of pollution levels in the sector.

1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

El proyecto fue desarrollado dentro de los límites de la vereda Santa Ana Alta, en el municipio de Guasca Cundinamarca.

2. INTRODUCCIÓN

La recolección de basuras en el municipio de Guasca, en el departamento de Cundinamarca, exactamente en la vereda Santa Ana Alta se aborda como un problema, ya que se ha presentado durante varios años; con el paso de diferentes administradores gubernamentales se habla de la solución de esta, pero sin lograr cumplir las propuestas planteadas por los mandatarios en el momento de las campañas de elección. De las 125 familias que habitan en esta vereda, solamente 25 cuentan con el servicio de recolección de residuos sólidos por parte de la empresa Ecosiecha, la cual es la empresa de servicios públicos del municipio, a lo que se deduce que el 80% de estos hogares se tienen que recurrir a prácticas indebidas con los residuos sus domicilios. Algunas familias, en su falta de cultura, suelen arrojar sus basuras en las carreteras, los incineran o simplemente los botan a un hueco, ocasionando problemas de contaminación, generando problemas de salud a los demás habitantes del sector. Este proyecto, buscará realizar un diagnóstico a la situación en la que se encuentra la comunidad de dicha vereda, y así poder realizar un mejoramiento al sistema general de recolección de residuos por parte de la empresa Ecosiecha S. A. E. S. P, beneficiando a los hogares más vulnerables de la comunidad, logrando mejorar la calidad de vida de estos y reducir el impacto ambiental generado por los desechos arrojados por dicha población.

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN SOCIAL

El problema de la recolección de basuras, es un problema que la comunidad de la vereda Santa Ana Alta ha tenido durante el paso de los años; aproximadamente el 80% de las viviendas de esta vereda (100 viviendas), no ha tenido la posibilidad de salir a la carretera esperando que los camiones recolecten sus residuos sólidos; solamente, 25 familias son las beneficiadas directas con el servicio de recolección de residuos, manejando una cuota de seis mil quinientos pesos mensuales, para la prestación de este servicio. Las familias que no son incluidas en el servicio tienen que llevar las basuras de sus casas a lugares donde sí existe una ruta planteada, dejándolas junto con los residuos de otras viviendas. Varias veces, se han visto a los animales de la calle y ratas rompiendo estas bolsas, generando el esparcimiento de los residuos, obligando a los habitantes que no eran dueños de estas basuras, tener que salir a recogerlos con el fin de evitar un problema de contaminación en sus viviendas y terrenos; algunas veces, estos residuos nadie los recoge, generando desagrado, problemas de contaminación y de salubridad para la comunidad en general.

Antonio Avellaneda, quien pertenece a la población de la tercera edad, es una de las personas perjudicadas por esta situación en la vereda Santa Ana Alta. En una charla con el afectado, argumenta que varias personas al iniciar el día, “tipo 5 a 5 y media, dejan la basura en la puerta de la casa”, además, explica que estas personas son residentes de la vereda. Don Antonio relata, que un día de recolección de basuras (para la vereda Santa Ana Alta es realizada los miércoles), “el camión no subió y los perros rompieron la lona y nos dejaron un reguero”. Antonio, convive con su esposa (de 60 años), sus dos hijos y 2 nietos menores de edad, uno de los cuales presenta problemas cognitivos (síndrome de Down); esta familia se queja por los residuos que dejan los vecinos afectados por esta problemática, sobre todo por la falta de colaboración en el pago de la factura del servicio y por el problema de salud que pueda llegar a tener en un futuro, a raíz de los desechos esparcidos por los animales, horas antes de la recolección de estos.

Este problema, ha incrementado los índices de contaminación de la vereda, a tal punto que se han aumentado en un 11,2% las enfermedades gastro-respiratorias. Según cifras del centro de salud del municipio de Guasca, el ingreso de nuevos pacientes provenientes de este sector al centro médico ha venido aumentando desde el año 2018. Los principales síntomas a los que acuden estas personas son gripe,

gastroenteritis leve y moderada, resfriados comunes, infecciones respiratorias, entre otras [1].

Hablando con la empresa encargada de la recolección de los residuos sólidos del municipio de Guasca, Ecosiecha, se dice que es un problema que están tratando de abordar para todo el municipio, pues muchas veredas también presentan este problema. La persona encargada de las rutas de recolección, Pilar Duarte, explica que no se ha logrado generar otro tipo de ruta beneficiando a más personas, debido a que esos hogares no están registrados en la base de datos de usuarios de la empresa y que hasta ahora se están incluyendo los hogares afectados para poder generar una nueva ruta.

En la entrevista con Pilar, se observaron las rutas de recolección que realizan los camiones en la vereda; estas rutas son manejadas con una aplicación de celular llamada GeoTracker, la cual va grabando el recorrido que realiza el chofer del camión de la basura. Es ahí donde se detecta la falta de planeación de las rutas por parte de la empresa, pues son los mismos conductores quienes hacen la ruta, pasando el informe general del recorrido y recolección de residuos a la empresa (estas rutas cubren un tercio de las vías pertenecientes a la vereda). El informe presentado por la aplicación es la ruta realizada, el tiempo de duración de este recorrido, el registro de la distancia en kilómetros y la variación de velocidades. Pilar, dice que para la generación de una nueva ruta se deben tener en cuenta varios aspectos, los cuales son el tiempo agregado al recorrido en general, las condiciones en las que se encuentra la vía, puesto a que, al ser veredas, muchas de estas carreteras de acceso son muy angostas para el respectivo paso del camión recolector. El siguiente aspecto por analizar es la nueva cantidad de usuarios a los que se va a beneficiar, esto para garantizar la sostenibilidad y rentabilidad del recorrido de la recolección y, por último, se debe revisar el “rodamiento de los camiones”, lo cual se refiere al estado en el que se encuentran los vehículos especializados en las labores, además de la disponibilidad de conductores para realizar dicho trabajo.

La empresa Ecosiecha tiene una restricción de cantidad de residuos a recolectar para cada una de las veredas según Pilar, que depende de la cantidad de usuarios a los que se les presta el servicio de recolección. La restricción actualmente es mínima (200 kilos mensuales) ya que no cuentan con gran cantidad de usuarios en la vereda Santa Ana Alta, pero que, si se llega a recolectar a las 125 familias, el tope máximo permitido es de 860 kilos al mes.

4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La falta de recolección de basuras y residuos sólidos en la vereda Santa Ana Alta, está generando tanto un alto impacto ambiental, como social, produciendo problemas de salud a los habitantes de la comunidad y desagrado.

Dada la situación actual de los habitantes de la Vereda Santa Ana Alta, se identificaron las principales causas que están generando esta problemática en esta comunidad.

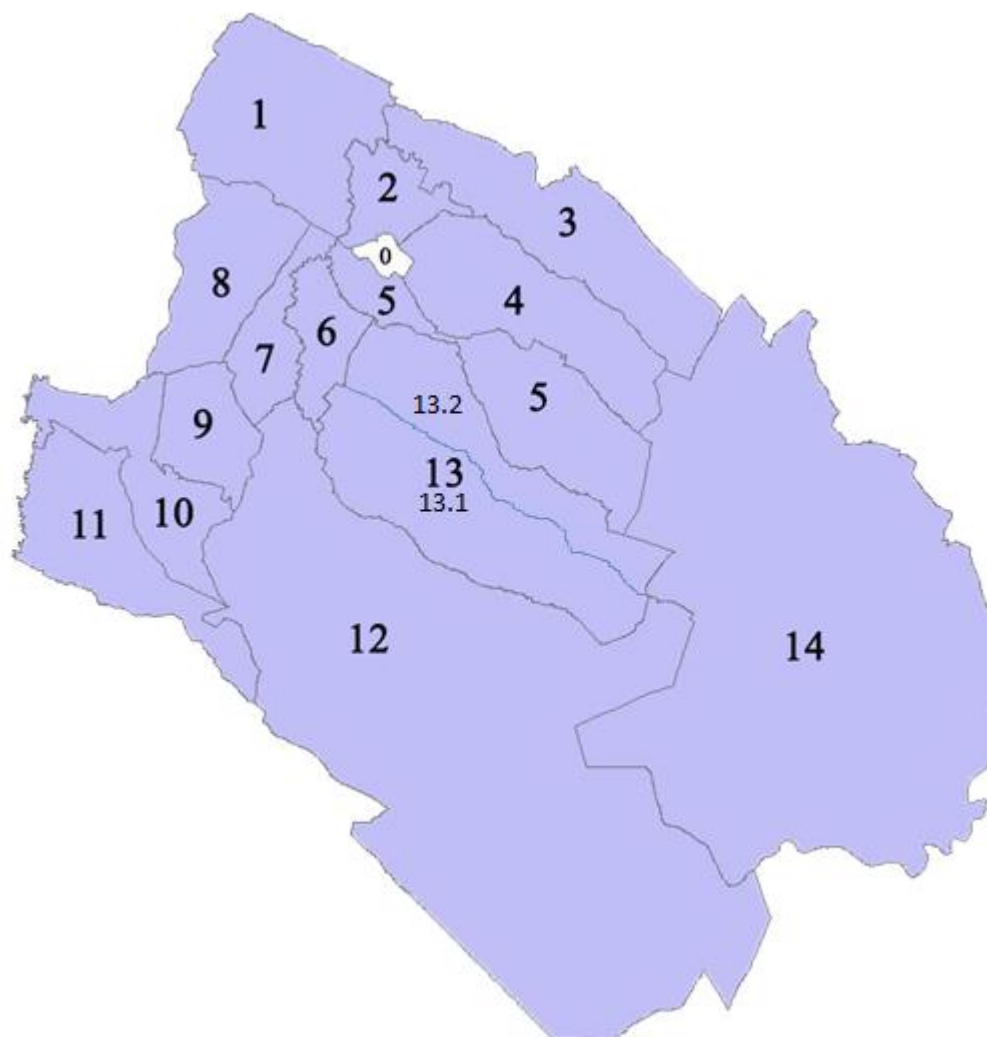


Imagen 1: División política de Guasca. Fuente: Elaboración propia

- 0: Casco urbano
- 1: Santuario
- 2: Flores
- 3: Santa Bárbara
- 4: Pastor Ospina
- 5: La Floresta
- 6: San José
- 7: San Isidro
- 8: Mariano Ospina
- 9: Santa Lucía
- 10: El Salitre
- 11: Santa Isabel
- 12: La Trinidad
- 13: Santa Ana
 - 13.1: Santa Ana Alta
 - 13.2: Santa Ana Baja
- 14: Concepción

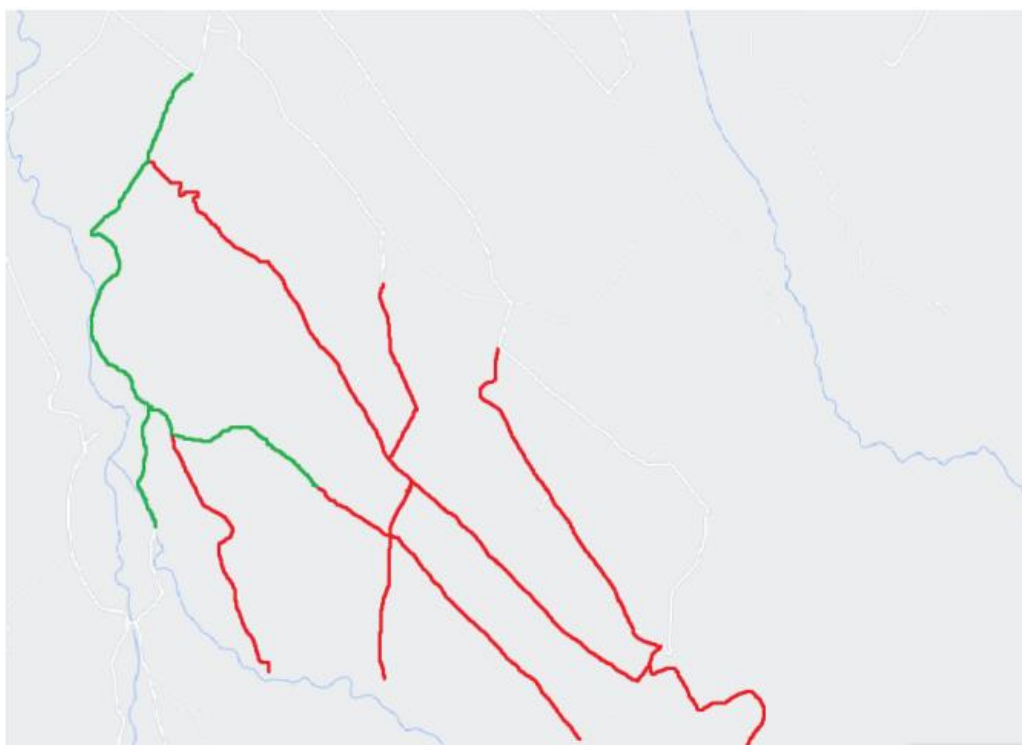


Imagen 2: Mapa de la Vereda Santa Alta, con sus rutas de recolección de basuras (verde), y los lugares donde no se cuenta con el servicio (rojo). **Fuente:** Elaboración propia, con fondo de Google maps. **Anexo 2**

Como se puede observar en la imagen, son muy pocas las rutas contempladas para la recolección de basuras en el sector. Es entonces que, mediante un árbol de causas se identificó la problemática general, con sus respectivas causas y consecuencias que arremeten esta situación.

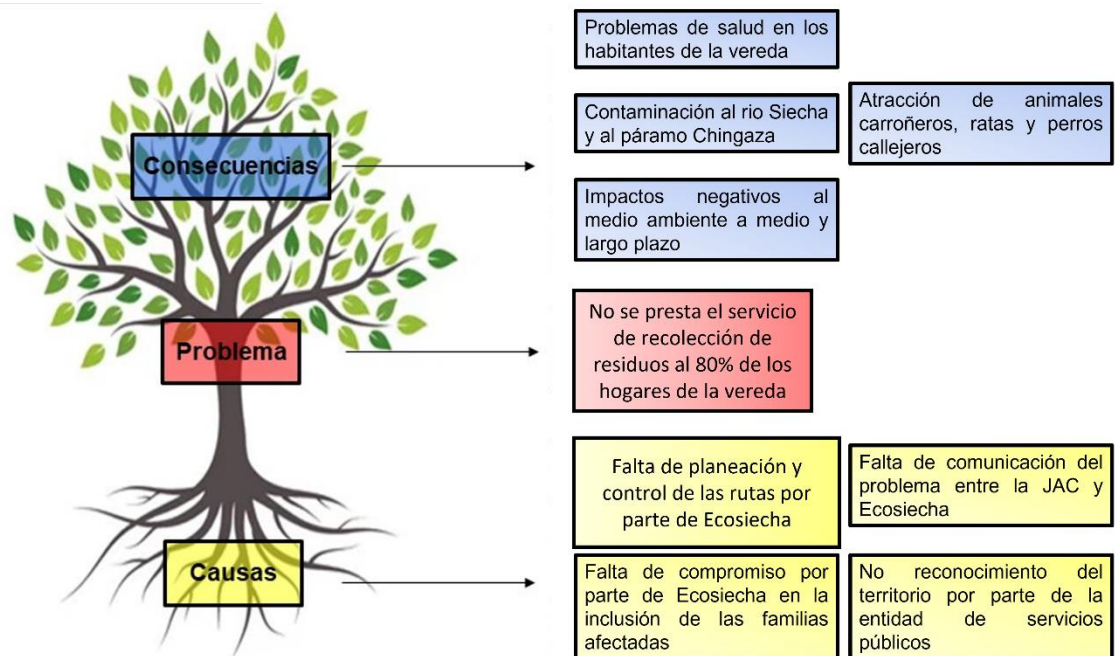


Imagen 2: Árbol de causas. **Fuente:** Realización propia. **Anexo 3**

Como se puede observar en la imagen, se identificó como problema general la falta de recolección de residuos sólidos al 80% de los hogares de la vereda Santa Ana Alta (100 familias). Lo que genera esta situación, es la falta de planeación y control de las rutas al interior de la empresa de servicios públicos del municipio de Guasca (Ecosiecha), además de la falta de comunicación de estos problemas detectados por la JAC (Junta de Acción Comunal), con la alcaldía municipal y la Ecosiecha para dar solución a la problemática. Otro aspecto importante para considerar es el problema de compromiso que tiene la empresa al no incluir las familias afectadas y el no reconocimiento del territorio de la comunidad afectada.

El impacto social a futuro de esta problemática se basa en las posibles enfermedades que la contaminación genere, tanto a los habitantes como a sus animales (vacas, perros, gallinas). Además de esto, la vereda al tener en su territorio al majestuoso páramo de Chingaza, la contaminación podría generar repercusiones a la fauna y flora presentes en este importante patrimonio nacional, así como la

contaminación al río Siecha, cuyo afluente hace parte bordeando toda la vereda, el cual es el principal alimentador del embalse de Tominé en el municipio de Guatavita. Este embalse es bastante importante para el río Bogotá, pues es utilizado para el bombeo de agua a este importante río con el fin de mejorar su calidad del agua, prevenir inundaciones, la generación de energía eléctrica y otros usos importantes para este importante cauce de la capital del país [1]. Las basuras esparcidas, son un posible riesgo para la comunidad, debido a que atrae animales carroñeros y callejeros. Estos a su vez, pueden invadir los territorios de los habitantes afectados e incluso la invasión de sus hogares

5. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico al sistema de recolección de residuos sólidos para la vereda Santa Ana Alta, con el fin de plantear una propuesta de mejora mediante ruteo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico de la situación del sistema de recolección de residuos.
- Evaluar las condiciones de las zonas afectadas.
- Analizar el sistema de rutas de recolección de residuos de la vereda.
- Plantear una ruta de recolección de residuos para la comunidad.

6. JUSTIFICACIÓN DE PERTINENCIA SOCIAL

La comunidad de la vereda Santa Ana Alta del municipio de Guasca está afrontando un problema de contaminación por el esparcimiento y el desconocimiento sobre el tratamiento de los residuos sólidos, generando problemas de salud en la población infantil y las personas de la tercera edad. Las personas con el mal manejo de los residuos están propiciando la aparición de microorganismos, bacterias y animales nocivos para la salud como moscas, ratas entre otros, generando a futuro enfermedades como dengue, otitis, infecciones respiratorias, infecciones intestinales, en especial a la población anteriormente mencionada [1].

El centro de Salud de Guasca, perteneciente al Hospital de San Antonio de Guatavita, presentó un crecimiento de las enfermedades por contaminación. Desde el año 2018, la cifra de pacientes con síntomas de infecciones respiratorias e intestinales aumentó en un 11,2%, teniendo que 11 de cada 100 pacientes de la vereda, presenta afecciones a su salud por efecto de la contaminación en dicho sector [1].

La empresa Ecosiecha, con este proyecto puede mejorar sus ingresos basado en la cantidad de usuarios que se podría llegar a tener en la vereda, puesto a que es una cantidad de familias afectadas es bastante alta; y basados en el que la empresa fijó para el servicio de recolección de residuos este año (\$6000 pesos por usuario al mes, que básicamente representa a una sola familia), estaría generando aproximadamente \$750.000 pesos mensuales solamente en la vereda Santa Ana Alta, y al multiplicarlo en un año, la empresa tendría alrededor de \$9.000.000 en ingresos por la operación de recolección de residuos en esta población afectada.

Actualmente los ingresos de la empresa por el servicio de recolección, a las 25 familias suscritas al servicio es de \$150.000 pesos aproximadamente, y si se llega a las 125 familias, la empresa obtendría unas ganancias de \$750.000 pesos al mes, lo que representa un aumento en los ingresos del 400% solamente por las 125 viviendas del sector objetivo.

Los costos de la operación de recolección de residuos, para la vereda Santa Ana Alta está actualmente en \$60.000 pesos por día de recolección, teniendo unos costos aproximados de \$15.000 pesos por kilómetro recorrido actualmente (4 kilómetros). Teniendo en cuenta que se aumentará el recorrido de la ruta de

recolección a aproximadamente 6,2 kilómetros, el costo oscilaría entre los \$93.000 pesos, presentando un incremento del 55% sobre los costos actuales.

7. ALCANCE O DELIMITACIÓN

Como se indica en el título del proyecto, se realizará una propuesta de mejoramiento al sistema general de recolección de residuos a la empresa Ecosiecha, enfocada a la vereda Santa Anta Alta del municipio de Guasca, ya que cuenta con diferentes aspectos a mejorar en el servicio para esta comunidad.

En esta vereda, las personas se encuentran en los estratos 1, 2, 3, 4 y la minoría de estos se encuentra en el estrato 5. La principal fuente de ingresos de estas personas es la agricultura (siembra de tubérculos, verduras, frutas y legumbres), los que no tienen la posibilidad de siembra de estos productos de la canasta familiar, laboran en la cosecha de estos alimentos. Además de la producción de estos, la mayoría se beneficia de la venta de lácteos a grandes empresas, una pequeña minoría se encarga de la extracción de leche de cabra y la gran mayoría cuenta con animales bovinos para la comercialización de estos importantes productos de la canasta familiar [6].

Las familias de esta comunidad están conformadas en un promedio de 5 habitantes por hogar, siendo los dos padres y 3 hijos, los cuales se encuentran entre las edades de 0-25 años aproximadamente [6].

El rango de edades de toda la población de la vereda varía mucho debido a la procreación de nuevos individuos con el tiempo, es entonces que en la vereda se encuentran personas con edades entre los 0 meses y los 90 años quienes son los más longevos de la comunidad. En promedio, la edad de la población de la vereda está en 35 años aproximadamente, según el Departamento de Planeación Nacional (DNP) [7].

La movilidad dentro de esta vereda se da mayoritariamente en el transporte en motocicleta y, un poco menos de la mitad de los hogares cuentan con un transporte en vehículo ya sean automóviles o camionetas de carrocería. La gran mayoría de la población de esta vereda no cuenta con algún medio de transporte, y se tienen que movilizar a pie. Algunas otras personas, aun se movilizan en caballo y carrozas [6]. Ecosiecha, es la empresa privada encargada de la prestación de servicios públicos del municipio de Guasca Cundinamarca, como el servicio de alcantarillado, acueducto y además es la encargada de la recolección de residuos en todo el territorio guasqueño. Es una empresa que tiene alrededor de 350 mil millones en

patrimonio neto en 2020 y, además, en ese mismo año tuvo un rango de ingresos de mil y dos mil millones de pesos aproximadamente.

Cabe resaltar que este proyecto, se trata simplemente de una propuesta a la empresa, lo que quiere decir, es que no se ejecutarán los resultados propuestos en el documento, pero queda a total disposición la evaluación y aprobación de este para la empresa Ecosiecha S. A. S.

8. MARCO REFERENCIAL

8.1 MARCO METODOLÓGICO

El proyecto contará con dos fases bastante importantes durante su proceso de ejecución, las cuales serán la etapa del diagnóstico y la etapa del mejoramiento al sistema logístico de recolección de residuos sólidos.

La etapa del diagnóstico será en base a la metodología adoptada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL, en su “Guía General para la gestión de residuos sólidos domiciliarios”, la cual se indica como realizar de inicio a fin, el “diagnóstico de la situación actual” del sistema general de recolección de residuos de una comunidad.[2] Este respectivo manual de la CEPAL toma una base de la metodología creada por el Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social ILPES, y toma como referencia unos importantes pasos a seguir para realizar la observación al sistema. Los pasos en orden son los siguientes:

- Determinación del área de estudio
- Identificación de la población objetivo
- Análisis de la población

La determinación del área de estudio se llevará a cabo “delimitando el espacio geográfico del proyecto”, y realizando la respectiva caracterización de la población afectada, como los niveles de ingresos, las condiciones de vida, los niveles de escolaridad, entre otros. Además, se debe realizar una inspección a la accesibilidad de la zona donde se realizará el proyecto, observando el estado de las vías y la condición en la que se encuentran.

Según las directrices para la realización y diseño de un proyecto social, este proyecto toma un método de observación a un grupo de familias, mediante un instrumento de recopilación de datos básicos, con el fin de realizar una caracterización de la población en general de la vereda a estudiar [9]. Además, esta herramienta incluye la percepción hacia el servicio de Aseo prestado a la comunidad por la empresa Ecosiecha.

Las personas encuestadas se tomaron de manera aleatoria, teniendo una población total de 125 familias, lo cual permite tomar una muestra representativa de 95 familias a investigar.

El tamaño de la muestra fue determinado por la siguiente ecuación, tomada de Jeimy Cano en su proyecto de Doctorado “Imaginarios Sociales. Una Herramienta Sistémico-Social Para Transformar Una Cultura Organizacional De Seguridad De La Información”:

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{(N-1) e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde n, representa el tamaño de la muestra; N, es la población total; σ es la desviación estándar de la población, la cual fue de 0,5; la Z nos indica el valor obtenido al realizar la distribución normal, con un nivel de confianza del 95% y e, es el límite del error muestral que es 0,05 [9].

Se tomaron en cuenta aspectos respecto a su ámbito y composición familiar y del hogar, su cultura hacia los desechos domiciliarios, y, además la percepción hacia los servicios de aseo prestados a la comunidad por parte de la empresa Ecosiecha.

En cuanto a la población objetivo, se debe realizar el conteo junto con la junta de acción comunal, de las personas o familias a las que se quiere beneficiar con el proyecto, para después poder realizar el respectivo análisis a esta dicha población, realizando una caracterización y una estimación a la evolución en los próximos años, dividiéndola en 3 tipos de población: Población de referencia, población afectada y la población objetivo, la primera siendo la cifra total de las personas que se tomaron para realizar el respectivo cálculo, la segunda hace referencia a las personas que necesitan la solución de la problemática detectada y la última es la población que está presentando la problemática[2].

Para el análisis de la población se puede tomar como referencia la utilización del gráfico utilizado por ILPES, para la identificación y análisis de la población [3].

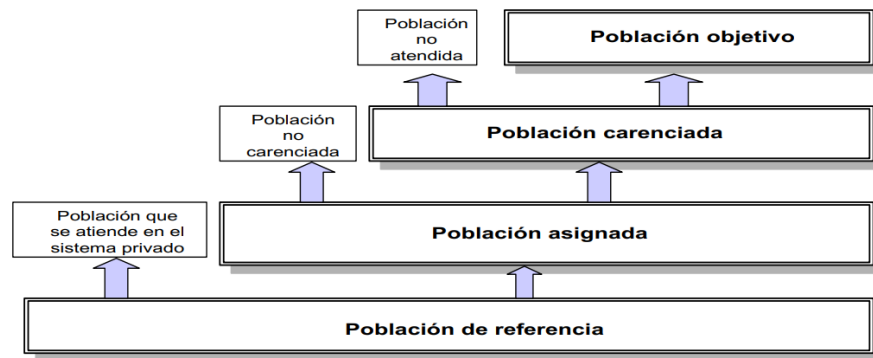


Imagen 3: Gráfico para el análisis de la población (Tomada de: CEPAL 2005). **Anexo 4**

Para el problema de ruteo de vehículos o VRP en sus siglas en ingles “Vehicle Routing Problem”, es una de las estrategias más populares es el algoritmo de ahorro de Clark y Wright, el cual se considera como un modelo heurístico.

Para resolver problemas de ruteo de vehículos por heurística, la regla de combinación es una solución de dos métodos diferentes para producir un nuevo método de ahorro.

La siguiente fórmula, es la que nos ayudara a encontrar el ahorro de una ruta en específico:

$$s_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - d_{ij}$$

donde,

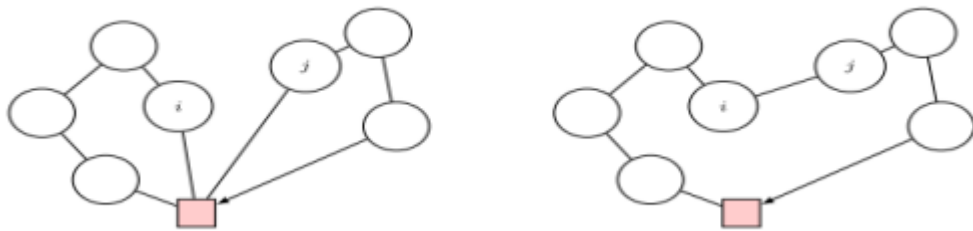
s_{ij} es el ahorro obtenido.

d_{i0} es el costo del nodo i al punto 0 o punto de origen.

d_{0j} es el costo del nodo 0 al punto j .

d_{ij} es el costo del nodo i al punto j .

El algoritmo original de Clarke y Wright proporcionó buenas rutas al principio, pero no completamente, ya que al final se tienen varias rutas circulares. El algoritmo de Clarke y Wright mejorado por Laporte, Toth y Vigo proponen ahorros globales mediante el parámetro llamado “Parámetros de forma”, que obliga la unión de las rutas con los clientes más alejados.



En la figura anterior, podemos ver el mostrador o almacén de la izquierda que se muestra en el cuadrado color rosa, considerando las dos rutas que comienzan en los nodos de las letras "i" y "j" y la imagen de la derecha, representa el modelo de ahorros donde las dos primeras estrategias fueron combinadas en una, para que este tipo de algoritmos puedan ser procesados con rapidez y similitud.

Y teniendo todo este modelo matemático, se podrá realizar la respectiva ruta de recolección para la población afectada, minimizando la función objetivo, propuesta anteriormente mencionada.

8.2 MARCO CONCEPTUAL

8.2.1 RESIDUOS SOLIDOS

Para hablar sobre residuos sólidos, primero se debe hacer una aclaración de los términos “desecho” y “residuo” ya que normalmente se suele hablar de estos términos con frecuencia y sabiendo que son sinónimos, es entonces que:

Residuo es “Aquello que queda después de haber escogido lo mejor y más útil de algo” y Desecho es un “Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación”. Sabiendo esto, se puede decir que se pueden usar con un mismo propósito, además que, en el idioma inglés, utilizan la palabra “waste” para referirse a ambos términos [10].

Aunque para estar más seguros, se tomaran las definiciones de algunas organizaciones mundiales, para aclarar aún más esta definición de Residuo.

Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)	“Aquellas materias que, generadas en las actividades de producción y consumo, no alcanzan en el contexto en el que se producen ningún valor económico, bien porque no existe una tecnología adecuada para su aprovechamiento o bien porque no existe un mercado para los productos recuperados [10]”
Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA)	“Todo material (sólido, semisólido, líquido o contenedor de gases) descartado, es decir que ha sido abandonado, es reciclado o considerado inherentemente residual [10]”
Organización de las Naciones Unidas (ONU)	“Todo material que no tiene un valor de uso directo y que es descartado por su propietario [10]”
Convenio de Basilea	“Las sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional [10]”
Programa Regional de Manejo de residuos Peligrosos del CEPIS	“Todo material que no tiene un valor de uso directo y que es descartado por su propietario [10]”

Tabla 1: Conceptos sobre residuos. **Fuente:** Elaboración Propia

8.2.2 LOGISTICA

El señor Jaime Mira, quien es economista y consultor en logística, define este término como un proceso de flujo, ya sea de materiales o incluso de información dentro de una organización, ya sea para ventas o para la gestión de las materias primas. Este flujo debe contar con los estándares de calidad necesarios reduciendo al máximo los costos, en industrias que manejen el modelo del “just in time” [11]. El objetivo de la logística es que todo esté de acuerdo con las fechas y maneras ya planeadas con los clientes, garantizando el suministro y cumplimiento de dichos pactos [11].

Para esto, se internamente se debe contar con un excelente control de inventarios, en casos de industrias de producción, ya que, si el control no es el adecuado, los

estándares de cumplimiento de la organización pueden disminuir, dañando la reputación de la empresa y perdiendo en masa los clientes [11].

Este término, ha presentado muchos cambios con el paso del tiempo. Desde que se inició a hablar de Logística, se definió como una simple distribución física, pero en los últimos años ha trascendido de esa similitud, hacia una definición que incluye planeación, control, eficiencia, eficacia, almacenamiento entre otros, con el fin de cumplir los objetivos de la organización, y así, generar un cierto impacto a los clientes [11].

8.2.3 HEURÍSTICA

Una heurística es un modelo que encuentra la solución óptima entre el conjunto de soluciones factibles, pero no garantiza que la solución elegida sea la óptima [18].

El uso de una heurística en cualquier problema de enrutamiento es apropiado para buscar espacios de soluciones locales y tratar de encontrar la mejor solución en un tiempo razonable y no detenerse en el universo de soluciones. En problemas con espacios de búsqueda muy grandes, se puede argumentar que no sólo es conveniente utilizar este tipo de estrategia, sino que es necesario porque dicha formulación está sesgada hacia caminos de búsqueda poco prometedores, que, si se tiene en cuenta el contexto, la solución siempre será óptima, para generar una en un tiempo razonable, cabe señalar que estos modelos sacrifican el aseguramiento del universo de la solución y la identificación de la solución más adecuada para generarla en un tiempo razonable [18].

8.2.4 PROBLEMA DEL RUTEO DE VEHÍCULOS

El ruteo es una función para encontrar un camino entre todos los caminos posibles en una red de paquetes cuyas topologías tienen alta conectividad. Dado que se trata de encontrar el mejor camino posible, lo primero que hay que hacer es definir qué se entiende por "mejor camino" y luego cuál es la "métrica" a utilizar para medirlo [18].

Un problema de decisión común es reducir los costos de transporte y mejorar el servicio al cliente al encontrar las mejores rutas para que un vehículo tome una red

de carreteras, ferrocarriles, vías fluviales o aéreas. que minimizan el tiempo de viaje o distancia [18].

Aunque hay muchas variedades de problemas de enrutamiento, podemos reducirlos a unos pocos tipos básicos. Implica encontrar un camino a través de una red donde el punto de partida es diferente del punto de destino. Un problema similar surge cuando hay múltiples puntos de origen y destino. Además, el problema del diseño de la ruta surge al señalar el origen y el destino son los mismos [18].

Estos problemas se caracterizan por que el origen de la ruta no coincide con el destino o destinos. En general, este tipo de problema es relativamente fácil de resolver y se pueden encontrar soluciones óptimas computacionalmente eficientes [18].

8.3 MARCO TEÓRICO

8.3.1 RESIDUOS SÓLIDOS Y SU IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE

Para la CEPAL, la gestión de los residuos sólidos es muy importante dentro de las sociedades, pues, la descomposición de estos, en espacios abiertos genera la contaminación inmediata del lugar, afectando la vegetación, fauna e incluso la salud de las personas que rodean el lugar. A estos últimos, les afecta directamente, en la aparición de nuevas enfermedades como “tifus, cólera y hepatitis, y también cisticercosis, triquinosis, leptospirosis, toxoplasmosis, sarnas, micosis, rabia, salmonelosis” y muchas más, lo cual depende también de las condiciones en las que se encuentre la población afectada [10].

Los impactos al ambiente es lo más preocupante, al momento de hablar de los residuos sólidos y su manejo adecuado, puesto a que genera gases, principalmente metano, que perjudican negativamente al planeta ya que son gases de efecto invernadero, y no solamente el aire es el implicado en esta contaminación, el agua se ve totalmente expuesta por líquidos generados que son conocidos como Lixiviados, los cuales perjudican potencialmente la calidad del agua [10].

Para reducir exponencialmente estas situaciones, la CEPAL propone unos ciertos ítems para que estos impactos que generan los residuos sólidos disminuyan y la calidad de vida mejore con el tiempo, estos ítems son:

- Reducción al mínimo de los desechos;
- Aumento al máximo de la reutilización y el reciclado ecológicamente racionales de los desechos;
- Promoción de la eliminación y el tratamiento ecológicamente racionales de los desechos;
- Ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los desechos [10].

Los índices de residuos sólidos per cápita, en Latinoamérica son inferiores a muchas potencias mundiales, como lo son EE. UU. Suiza, Alemania, España, Reino Unido, entre otros, los cuales tienen un índice de 2,008, 1,95, 1,59, 1,59, 1,56 Kilogramos per cápita al día respectivamente, que comparado con las tasas de Latinoamérica (0,93), tienen una gran diferencia [10].

Pero al momento de comparar la gestión de dichos residuos, es donde los países latinoamericanos tienen problema, puesto a que, en estas potencias, la gestión de los residuos cumple ciertas políticas de reciclaje e incluso existe una cultura de buen manejo de los residuos, cosa que no existe en América Latina, pues los residuos son arrojados a rellenos sanitarios que lo único que hacen es complicar la situación ambiental de dichos países que los componen [10].

8.3.2 LOGISTICA DE RESIDUOS DOMICILIARIOS

Según lo expresado por DLogística Group, la logística de los residuos domiciliarios se basa en una serie de etapas que hay que saber interpretar, desde el momento que los residuos de los hogares salen para ser recolectados. Pues normalmente los hogares se preocupan por desechar sus residuos en sus debidas bolsas y que se cumpla con sus respectivos códigos de colores, para identificar los tipos de residuos que se desecharan [11].

Una vez desechados los residuos, la logística de recolección toma 3 etapas bastante importantes, las cuales son la de logística de entrada que se compone esencialmente de los camiones recolectores; la segunda etapa es la del modelo de Cross Docking (también conocido como centro de transferencia, y por último, se encuentran con la etapa de logística de salida, compuesta por los camiones de transferencia [11].

El ciclo inicia desde el momento en que los camiones llegan a los sectores u hogares donde se recolectaran los residuos domiciliarios, para después en la etapa de Cross Docking fijar “los radios de transporte”, junto con sus respectivos costos y la disponibilidad. Para finalizar con la logística de salida, junto con los camiones de auto descarga en los acopios o rellenos sanitarios [11].

Este ciclo de recolección de residuos sólidos domiciliarios se compone de las fases de Generación y de Gestión de los residuos. Generación, es el proceso de la recolección de los desechos de los hogares, industrias e incluso establecimientos de comercio. En la fase de gestión, se involucran todas las operaciones necesarias y eficientes para llevarlos a su destino cumpliendo con las normativas legales, económicas y sanitarias [11].

8.2 MARCO LEGAL

La protección de los espacios ambientales dentro del territorio nacional, están sintetizados dentro de la constitución política de nuestro país, dando como prioridad y derecho a un buen medio ambiente. Esta incluye normas y decretos a cumplir para evitar el deterioro acelerado de la calidad del aire, y la preservación de la fauna y flora de la nación.

Con la creación del ministerio del medio ambiente, en la Ley 99 del año de 1993, se dio inicio a una nueva visión con respecto al medio ambiente del país. Este ministerio es el encargado de gestión y conservación del medio ambiente, y los recursos naturales de la nación. Hoy en día, este ministerio es llamado Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [12].

En 1974, se dictó el decreto 2811, el cual indica que dentro del país se limitaran los territorios, creando las “áreas protegidas” del país, los cuales incluyen paramos, nevados, ríos, bosques, entre otros. Este decreto surge con el objetivo de preservar los recursos hídricos del país y sus reservas forestales, poniendo como prioridad dentro de estas áreas a los parques nacionales naturales [13].

El artículo 79, de la constitución Nacional establece que todas las personas sin excepción “tienen el derecho de gozar un ambiente sano”, además, le dé la potestad a la sociedad de participar activamente en la toma de decisiones que puedan afectar su entorno ambiental [14].

En la ley 491 del año 1999 se dictan las normas a acatar, en relación con el medio ambiente y las zonas protegidas, imputando sanciones económicas y legales a aquellas personas que incumplan esta normativa ambiental [15].

9 DESARROLLO DE ACTIVIDADES REALIZADAS

ACTIVIDADES PLANEADAS	CUMPLIMIENTO (SI/NO)	INDICADOR	META PLANEADA	CUMPLIMIENTO	EVIDENCIAS
Visitar la comunidad para entrevista de diagnóstico	SI	(Número de entrevistas realizadas/Número de entrevistas proyectadas) *100	95%	100%	Anexo 8
Delimitación del espacio geográfico	SI	Recorrido a la vereda	1	1	Anexos 9
Caracterización de la población afectada mediante encuestas	SI	(Número de encuestas realizadas/Número de encuestas proyectadas) *100	100%	100%	Anexo 10
Inspección de accesibilidad de la zona	SI	Recorrido a la vereda	1	1	Anexo 9
Visitas a la empresa para recolección de información	SI	Número de visitas Realizadas	2 a la semana	2 en total	Anexo 11

Aplicación de la metodología según información recolectada	SI	% de cumplimiento de la aplicación	100%	80%	Ítem 11 del documento
Realizar el ruteo en el software con los datos obtenidos en el modelamiento y en el diagnóstico	SI	% de datos modelados para ruteo	100%	100%	Ítem 11 del documento
Llevar a cabo entrevistas con la población afectada dando a conocer los resultados, realizando entrega de folletos	SI	(Número de entrevistas realizadas/Número de entrevistas proyectadas) *100	95%	100%	Anexo 12
Presentación de la propuesta de mejoramiento ante la	SI	Reuniones realizadas/reuniones planeadas con la empresa	2	1	Anexo 13

empresa mediante una reunión					
Presentación de la propuesta a los líderes sociales de la vereda en conjunto con el alcalde municipal o delegado	SI	Reunión con la alcaldía y los líderes sociales	1	1	Anexo 14

Tabla 2: Actividades realizadas según plan de acción

La encuesta fue realizada para recopilar información de los habitantes de la vereda, y caracterizar a la población involucrada en el proyecto. Esta encuesta cuenta con 109 preguntas, las cuales tienen una secuencia lógica según las respuestas de los encuestados.

La encuesta tuvo la siguiente estructura:

La primera sección constó de 18 preguntas básicas, para caracterizar la vivienda y el hogar, pues, muchos de los hogares dependen de una sola persona quien es el que lleva el sustento a la casa, teniendo las siguientes preguntas.

- ¿Acepta la Política del Uso de Tratamiento de Datos?
- Nombre
- Edad
- Estado Civil
- Ocupación

- ¿Cuenta con Condiciones de Discapacidad?
- ¿Cuál?
- Nivel de Escolaridad
- Estrato
- Tipo de Vivienda
- Servicios del Domicilio
- Ingresos Mensuales Promedio
- Gastos Mensuales Promedio
- Medios de Transporte del Hogar
- Tiempo Aproximado de Recorrido al Casco Urbano (pueblo)

Para encuestar a todos los integrantes del hogar, se realizó una secuencia lógica, realizando las mismas preguntas desde el ítem de “Edad”, hasta el ítem de “Nivel de escolaridad”. A Esta sección se le llamo “Composición del Hogar”, y tuvo las siguientes preguntas.

- Número de Personas que Conviven en el Hogar
- Parentesco
- Edad
- Estado Civil
- Ocupación
- ¿Cuenta con Condiciones de Discapacidad?
- ¿Cuál?
- Nivel de Escolaridad

La tercera sección se basó en la recopilación de información acerca del tratamiento y manejo de los residuos sólidos, generados por cada familia y su percepción hacia la empresa de recolección de basuras, añadiendo la satisfacción del aseo hacia la vereda.

Las preguntas para esta sección fueron las siguientes:

- Cantidad Aproximada de Residuos Generados en su Hogar (Kg)
- ¿Cuenta con Servicio de Recolección de Residuos por Parte de ECOSIECHA?
- Usted, ¿Clasifica los Residuos Domiciliarios?
- ¿Cómo utiliza los Residuos Orgánicos?
- Cantidad de Veces de Recolección al Mes
- Satisfacción del Servicio Prestado: Horario de Recolección

- ¿Cree que la tarifa de recolección de residuos es justa?
- Satisfacción de los Horarios de Recolección
- ¿Cómo Maneja los Residuos de su Hogar?
- ¿Le Gustaría que la Empresa Ecosiecha Recoja los Residuos del Hogar? (sabiendo que tiene un costo)
- Sugerencias para el Servicio de Aseo Prestado por Ecosiecha:
- Califique el aseo general de la vereda

En la vereda Santa Ana alta conviven ciento veinticinco familias, por lo que se optó por realizar un estudio descriptivo, evaluando las condiciones de vida de 95 familias. Este número surgió, tomando la siguiente ecuación anteriormente planteada:

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{(N-1) e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Con un nivel de confianza del 95% y un margen de error el 5% se dio inicio a la “Encuesta de Caracterización Veredal”, la cual fue aplicada aleatoriamente, dando prioridad a los hogares que no cuentan con el servicio de recolección de residuos; además, se pudo realizar una delimitación al área que se va a evaluar.

La población de la vereda fue dividida de la siguiente manera:

Tipo de Población	Descripción
Población de Referencia	Son todas las familias pertenecientes a la vereda
Población Carente	Son las familias que no cuentan con el servicio de recolección de residuos
Población Objetivo	95 familias aleatorias pertenecientes a la vereda

Tabla 3: Análisis del tipo de población.

Al realizar la encuesta, se obtuvieron los siguientes resultados:

Los hogares se componen de aproximadamente 3 personas (Esposo, esposa e hijo(a)), que tienen un aproximado de 34 años. En su gran mayoría, la persona principal del hogar radica como independiente (45 personas), los cuales dependen económicamente de los ingresos de la producción de leche bovina.

La formación académica de estas personas varía de la siguiente manera:

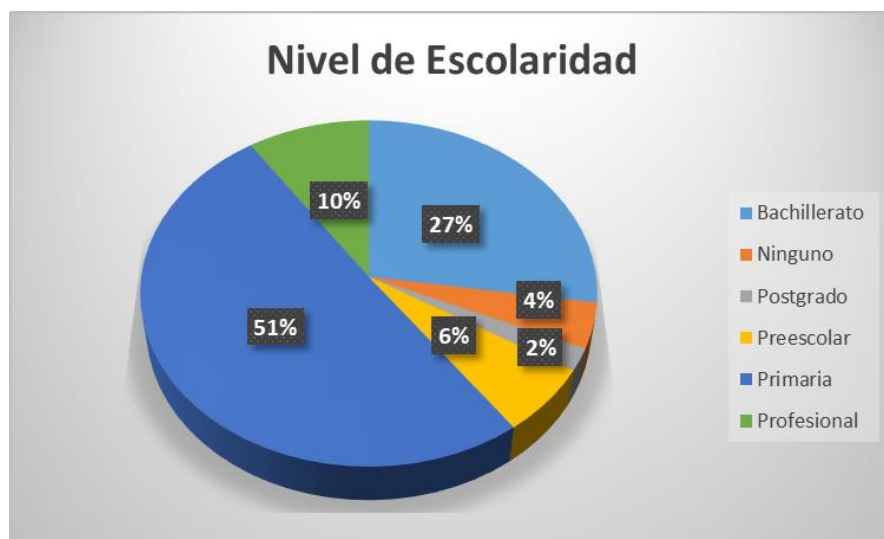


Gráfico 1: Nivel de escolaridad de los representantes del hogar.

Estos hogares se encuentran mayoritariamente entre los estratos 2 y 3 (57%); los estratos 0 y 1 representan el 34% de la población y el 9% restante, se encuentra dentro de los estratos 4 y 5.

En cuanto al tipo de vivienda, se encuentran familias con su respectiva casa propia y algunas que se encuentran en calidad de arriendo, los porcentajes de estos dos tipos son 83% y 17% respectivamente, para los cuales, cuentan con los servicios básicos indispensables como lo son la energía eléctrica, servicio de acueducto y todos con pozo séptico, que es un método muy utilizado en los hogares rurales que no tienen acceso al alcantarillado público.

Los ingresos de los hogares se encuentran dentro de los límites del salario mínimo, pero esta información se aclara en el siguiente grafico:

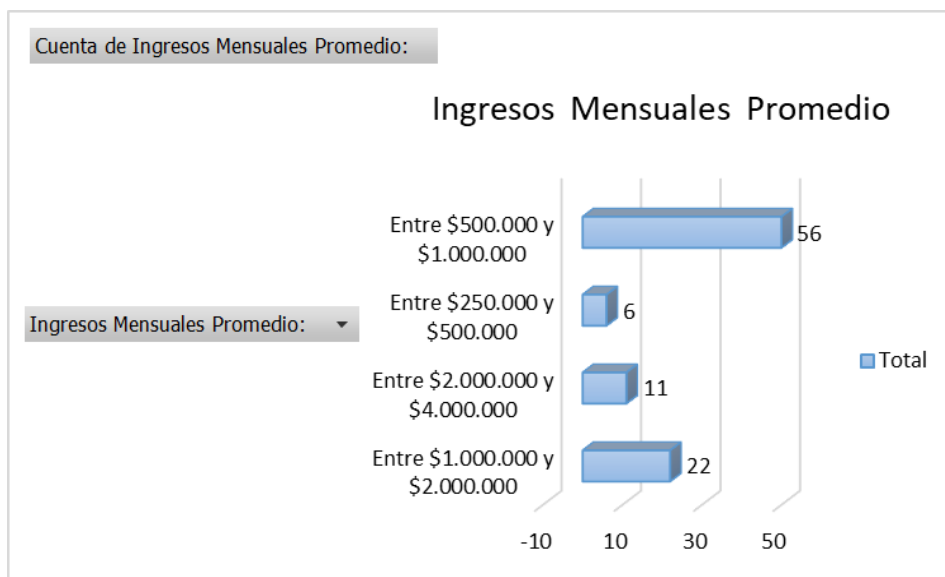


Gráfico 2: Niveles de ingresos del hogar.

Esta vereda, tiene puntos de mucha distancia hacia el casco urbano del municipio, por lo que complica la movilidad de los habitantes. Los tiempos de recorrido al casco urbano expresado por los habitantes se muestra a continuación:

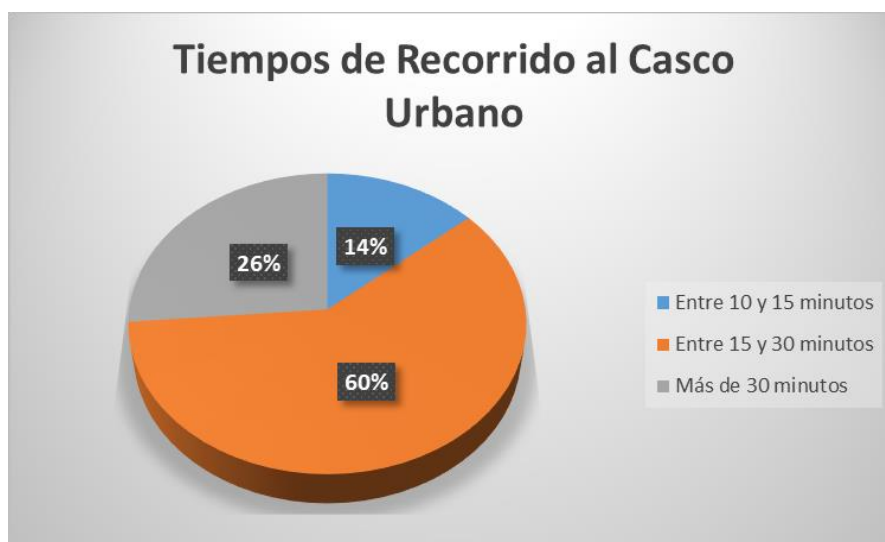


Gráfico 4: Tiempos de recorrido al casco urbano.

Respecto a la cantidad de residuos generados por familia al mes, se puede observar que, en promedio, las familias de esta vereda generan 22,78 Kg de residuos sólidos al mes, por lo que las 125 familias representan 3,2 toneladas de desechos domiciliarios al mes. En la gran mayoría de los hogares apartan los residuos orgánicos de los residuos sólidos, para utilizarlos como abonos e incluso, alimentar a los animales de sus fincas.

Ficha Técnica de la Encuesta	
Realizada por:	Yeison Sebastián Gantiva Rodríguez
Nombre de la Encuesta:	Encuesta de Caracterización Veredal
Tipo de Muestra:	Aleatorio Simple
Población:	Vereda Santa Anta Alta
Muestra:	95 familias
Fecha de Realización:	Del 18 de septiembre al 10 de octubre
Técnica de Recolección de Datos:	Aleatoria
Financiación:	Recursos Propios
Margen de Error:	5%
Número de Preguntas:	109 con secuencia lógica dependiendo las respuestas

En cuanto a la delimitación del espacio, se pudo observar la calidad de las vías, y su posible acceso a un camión recolector de residuos, ya que, por el tamaño de estos, las vías deben tener unas condiciones adecuadas para el tránsito de estos vehículos. Mientras se realizaba dicha delimitación del espacio geográfico, se observó gran cantidad de material solido esparcidos por terrenos e incluso por los caminos, por lo cual se puede concluir que se está generando un foco de contaminación sobre los límites del páramo del Chingaza. Ver Anexos 5, 6 y 7

Según la metodología planteada, y el plan de acción propuesto en el anteproyecto, se realizó la respectiva incursión hacia la vereda y sus habitantes, donde se pudo observar que las carreteras en general, deben estar en constante mantenimiento, pues, son caminos de recebo y piedra, por lo que en épocas de invierno, las carreteras tornan a deteriorarse poco a poco,, pues empiezan a aparecer los huecos, haciendo muy complicado el paso de los vehículos, sobre todo a vehículos de carga pesada como los camiones de recolección de residuos (**Ver Anexo 19**).

En el momento de realizar el respectivo recorrido a la vereda, se encontraron algunas zonas con deficiencia en el mantenimiento vial, de los 17 kilómetros de carreteras con los que cuenta la vereda, aproximadamente 9 kilómetros son inadecuados para el paso de los camiones compactadores, ya que están en muy mal estado, o tienen subidas con un Angulo de inclinación demasiado alto para el peso que cargan dichos vehículos. Esto hace imposible el paso de los camiones recolectores de residuos a algunas zonas; Es por esto, que se planteó un sistema de recolección mediante puntos de acopio para aquellos hogares a los que no contemple la ruta de recolección propuesta, como se indicó anteriormente.

La herramienta de ruteo (Smart Monkey (**Anexo 18**)), cuenta con varias funciones que son de gran utilidad para la optimización y control de las rutas para las empresas. Pues se pueden incluir los clientes junto con sus datos (nombre, dirección, teléfono, entre otros). Se puede seguir en vivo el estado de las rutas de recolección mediante el GPS de los teléfonos móviles de los conductores, así como enviar las rutas ya planeadas a los mismos. Además. muestra las estadísticas de las rutas realizadas día a día, mostrando tiempos, el porcentaje de cumplimiento de las paradas, el tiempo a de retraso de los conductores entre otros. Para los conductores, se cuenta con la opción de mostrar la ruta en Google Maps, lo cual facilita la visualización de esta, pues, aunque el sistema cuenta con su respectivo mapa, la calidad en cuanto a pixeles es muy baja, es por esto que se puede contar con la ayuda de Google Maps, para que les indique de una mejor manera la ruta planeada.

Sabiendo esto, se prosiguió con la propuesta al planteamiento de una nueva ruta de recolección de residuos para la vereda Santa Ana Alta de la siguiente manera:

Se realizó una inspección en conjunto con la empresa involucrada, a las rutas que actualmente se realizan en la vereda, y son las siguientes:



Imagen 4: Rutas realizadas por la empresa Ecosiecha, aledañas a la vereda. **Anexo 15**

Estas rutas se realizan de la siguiente manera:

- Amarilla: Es la ruta realizada para la recolección de residuos sólidos los lunes.
- Roja: Es la ruta realizada para la recolección de residuos sólidos los miércoles.
- Azul: Es la ruta realizada para la recolección de residuos sólidos los jueves.

Se tomaron estas rutas, con el fin de plantear una nueva ruta de recolección beneficiando a la mayor cantidad de familias posible en la vereda, mediante la herramienta de SMARTMONKEY, dando como resultado lo siguiente:



Imagen 5: Propuesta de ruteo para la vereda. **Anexo 16**

Como se observa en la anterior imagen, se calcularon 3 rutas diferentes, acompañándolas a las actualmente realizadas que tienen cercanía a la comunidad afectada. Los números que se observan son los lugares donde se pueden realizar paradas estratégicas para la recolección de residuos de ese determinado sector. Estas paradas estratégicas es donde los hogares se encuentran con una cercanía menor a 20 metros, encontrando aproximadamente 5 familias en dichas paradas.

La ruta amarilla se acopla a la ruta realizada los jueves, además, se estarían incluyendo hogares de la vecina vereda (Santa Ana Baja), lo más importante de esta ruta para la vereda Santa Ana Alta, es desde los puntos numero 8 al número 13, pues es un sector perteneciente a la comunidad, donde actualmente carecen el servicio de recolección de residuos.

La ruta azul, es probablemente la más importante para la vereda, pues, es la que recolectará la mayor cantidad de residuos a los hogares de esta comunidad.

Y la ruta morada, será la ruta que incluirá el resto de los hogares, complementando la ruta realizada los lunes, ya que solamente el camión pasa por estos lugares sin realizar la recolección a los hogares.

Los puntos número 7, 8, y 11 serán destinados para la recolección de residuos mediante un punto de acopio para los hogares donde no están contemplados en la ruta de color azul; el punto número 8 de la ruta amarilla y el punto número 1 de la ruta morada, tendrá el mismo fin que los anteriores.

Para la implementación de los puntos de acopio, se realizó lo siguiente:

Con la encuesta realizada, se aproxima que una familia en promedio genera 23 Kg de residuos al mes. sabiendo esto se procedió con el cálculo de generación de residuos semanalmente (ya que la recolección manejada por la empresa es semanalmente), a lo cual, se generan aproximadamente 6 Kg de basura por vivienda. Gracias a este dato, podemos aproximar el volumen con el que deben contar los puntos de acopio (contenedores de basura) mencionados anteriormente. Se tomaron como referencia los contenedores de basura utilizados en las grandes ciudades, como el mostrado en la imagen 6, los cuales tienen una capacidad de 1,1 metro cúbico, son capaces de albergar los residuos semanales de los hogares donde no se contempla la ruta de recolección.



Imagen 6: Propuesta de contenedores para puntos de acopio. **Fuente:** Google Imágenes

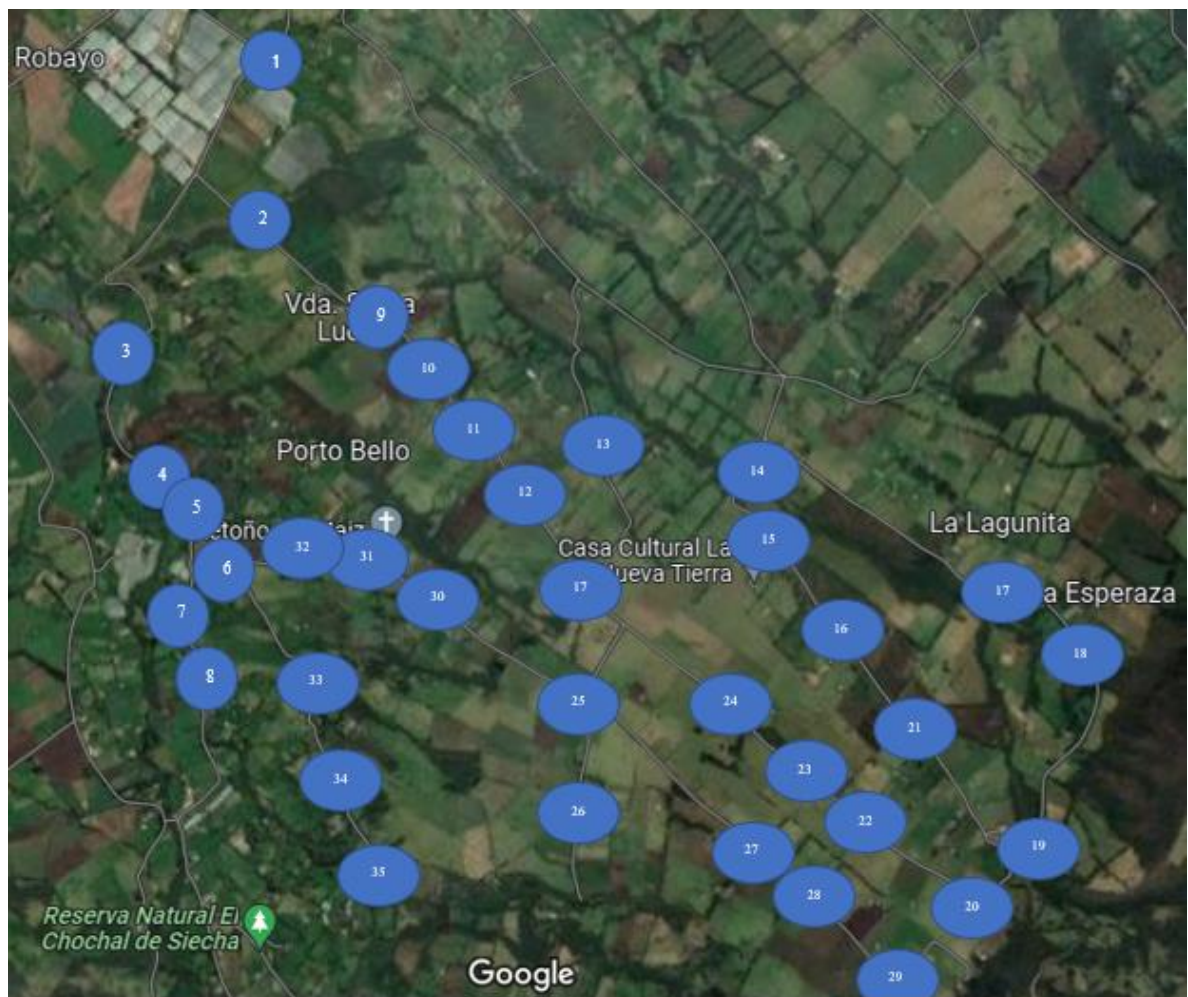
Estos contenedores de basuras, tienen un valor de mercado de aproximadamente un millón quinientos mil pesos, por lo que si se llegase a implementar este sistema para la vereda, la inversión en estos contenedores estaría alrededor de siete millones quinientos mil pesos, por lo que sería algo costoso a simple vista, pero si es comparado, con los ingresos obtenidos mensualmente con la inscripción de todos los habitantes de la vereda, en 10 meses sería recuperada la inversión realizada para estos contenedores; esto generaría un impacto positivo en la satisfacción y percepción de las personas hacia la empresa.

Esta ruta se realizó empíricamente, ya que una de las restricciones de la empresa es que se debe tratar de que los camiones no se devuelvan por una misma ruta y que se cumplan con los 3 posibles días de recolección asignados para la vereda.

Además, se realizó la heurística planeada dando diferentes opciones a la empresa de recolección y así mismo, opte por la que crea más conveniente.

Para el mejor entendimiento del método de ahorros, observar el Excel anexo al documento. Debido a la magnitud de las tablas, no se pueden plasmar en el documento de una forma clara (**ANEXO 20**).

La heurística se desarrolló de la siguiente manera:



Se fijaron en el mapa los puntos donde se pueden realizar paradas estratégicas por parte de los camiones, incluyendo las 125 familias dentro del servicio. Estas paradas tienen la siguiente distancia teniendo como punto de origen el punto número 1. Cabe aclarar que los nodos 17 y 18 hacen parte de la una vereda vecina (Santa Ana Baja), los cuales están muy alejados del casco urbano y no cuentan con el servicio de recolección, y es de gran ayuda para el planteamiento de una nueva ruta para la vereda Santa Ana Alta.

Nodo	Distancia (Km)
2	0,85
3	1,5
4	2

5	2,5
6	2,6
7	2,8
8	3,4
9	1,7
10	2
11	2,3
12	2,5
13	2,5
14	3,3
15	4
16	4,4
17	4,5
18	5,3
19	5,5
20	5
21	5,2
22	4,7
23	4,1
24	3,9
25	3,5
26	4,1
27	4,2
28	4,6
29	5,3
30	3,6
31	3,2
32	2,8
33	3,4
34	4
35	4,4

Una vez, obtenidas las distancias, se realizó el calculo de las rutas óptimas mediante la metodología propuesta (**Ver Anexo 20**).

Primero, se realizo el cálculo en pixeles dividiendo la posición de los puntos mostrados anteriormente, en coordenadas X, Y con la ayuda de Paint. Mediante la siguiente ecuación, se calculo la distancia de los diferentes puntos uno a uno.

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Una vez halladas estas distancias, se realizó la matriz de ahorro, junto con la ecuación mencionada en el marco metodológico, encontrando el ahorro en distancias para cada uno de los puntos entre sí.

Después, se procedió con el planteamiento de las rutas con la información obtenida en la matriz.

Para las rutas se debe escoger el valor máximo de la matriz de ahorro y tomar como punto inicial los nodos correspondientes a la fila y la columna del máximo valor encontrado. Al contar con la restricción de capacidad de los camiones (860 Kg), se debía realizar el cálculo de la ruta, observando las cantidades de residuos generados aproximados en cada uno de los nodos. Las cantidades se expresan en Kg/mes a continuación:

Nodo	Cantidad de Residuos (Kg/mes)
Origen	0
2	112
3	122
4	112
5	84
6	70
7	125
8	128
9	128
10	101
11	124
12	100
13	76
14	110
15	113
16	122
17	113
18	109

19	121
20	129
21	110
22	122
23	121
24	104
25	110
26	107
27	119
28	106
29	118
30	92
31	94
32	97
33	100
34	102
35	122

Teniendo esto, se procedió con el planteamiento de la primera ruta, teniendo como resultado la siguiente ruta:

Ruta	Nodos	0	Origen	20	29	30	31	32	33	34	35	Origen
1	Demanda	854		129	118	92	94	97	100	102	122	
	Recorrido	1628,4987		580,67977	44,598206	253,71244	126,58989	16,492423	72,56721	56,320511	47,010637	430,52758

Esta ruta comprende un viaje desde el nodo 0 u Origen, pasando por los nodos 20, 29, 30, 31, 32, 33, 34 y 35 regresando nuevamente al punto 0, teniendo una capacidad de 854 Kg en el mes.

La segunda ruta obtenida fue la siguiente:

Ruta	Nodos	0	Origen	19	21	22	23	24	27	28	Origen
2	Demanda	803		121	110	122	121	104	119	106	
	Recorrido	1464,4143		574,25604	89,106678	58,668561	39,408121	57,280014	114,52947	5	526,16537

Iniciando desde el nodo 0, esta ruta contempla los puntos 19, 21, 22, 23, 24, 27, 28 y se regresa al origen con una capacidad de 803 Kg pertenecientes a la vereda.

La tercera ruta obtenida arrojó la siguiente información:

Ruta	Nodos	0	Origen	13	14	15	16	17	18	25	26	Origen
3	Demanda	860		76	110	113	122	113	109	110	107	
	Recorrido	1351,1944		272,3472	70,519501	33,24154	64,815122	111,01802	55	264,59403	54,230987	425,42802

Esta ruta deberá pasar por los nodos 13, 14, 15, 16, 17, 18, 25 y 26, iniciando y terminando en el punto de origen, y recolectando un aproximado de 860 Kg.

Para la cuarta ruta, se obtuvo lo siguiente:

Ruta	Nodos	0	Origen	5	6	7	8	9	10	11	12	Origen
4	Demanda	860		84	70	125	128	128	101	124	100	
	Recorrido	943,40237		241,23433	39,446166	30,479501	33,526109	211,14213	36,878178	36,619667	50,119856	263,95644

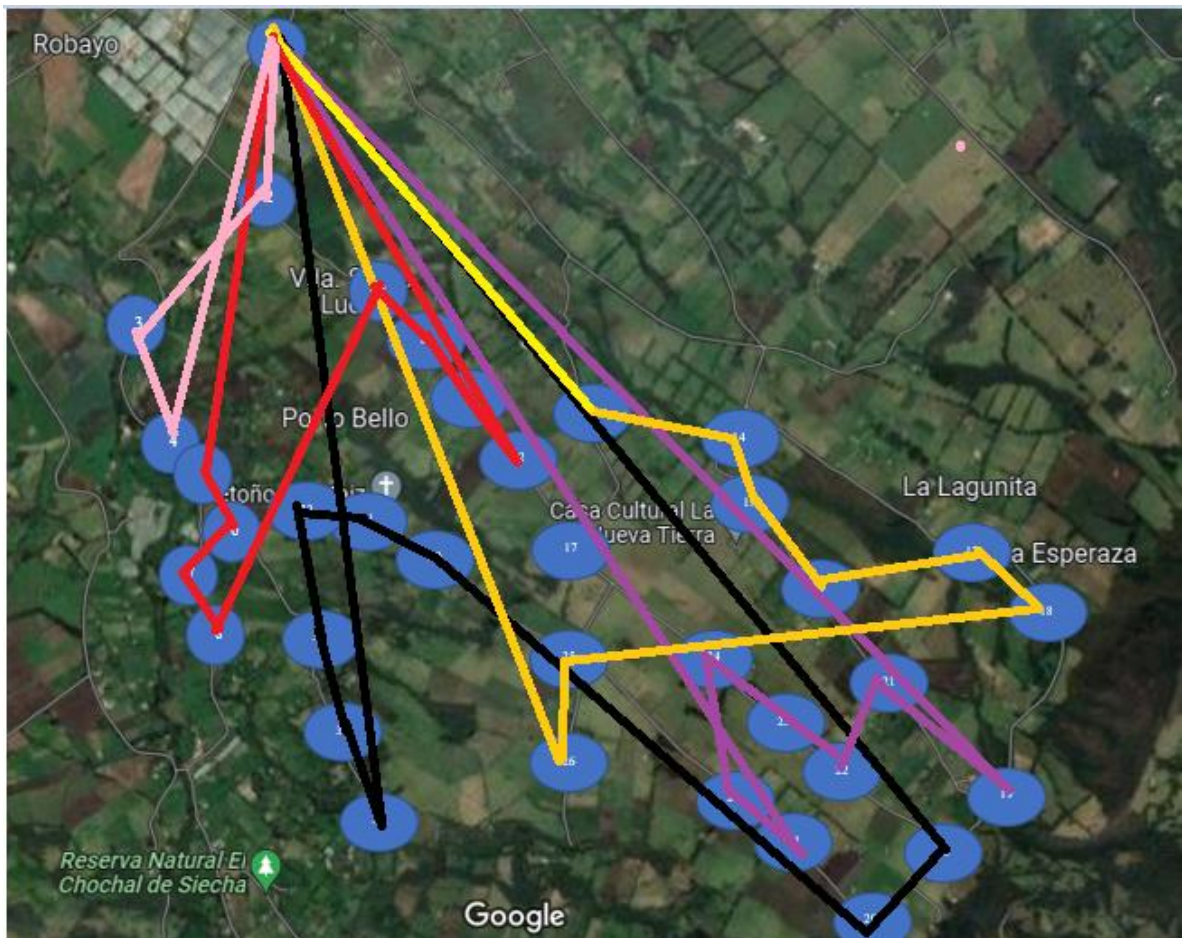
En esta ruta se contemplan los nodos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 en su respectivo orden, con inicio y fin en el punto 0.

Para terminar, el método de ahorro arrojó una quinta y última ruta, tomando los puntos faltantes por recolección. La ruta fue determinada de la siguiente manera:

Ruta	Nodos	0	Origen	2	3	4	Origen
5	Demanda	346		112	122	112	
	Recorrido	353,84585		36,878178	36,619667	50,119856	230,22815

Esta ruta como todas, con un inicio y fin en el punto 0. El recorrido que plasman las tablas está medido en pixeles.

Para finalizar, se realizó la unión de las rutas según los datos obtenidos por la metodología, arrojando lo siguiente:



- La ruta numero 1 fue plasmada con el color negro.
- La ruta numero 2 se plasmó con el color morado.
- La ruta numero 3 se trazó con el color amarillo.
- La ruta numero 4 fue pintada con el color rojo.
- Y la ruta numero 5 es la que se encuentra en color rosa.

Las rutas obtenidas por la metodología se plasmaron sin tener en cuenta el estado de las vías, ni el acceso de los camiones recolectores a las mismas.

Una vez planeadas las rutas, y tener el método de recolección de residuos gracias a la heurística de Clarke and Wright, se dio informe a la empresa y a una pequeña muestra de habitantes afectados (10), dando a conocer los resultados obtenidos, con el fin de obtener comentarios acerca de dicha propuesta y saber si ellos creen pertinente algún tipo de cambio hacia la misma.

Se realizó un folleto digital con el fin de concientizar a la comunidad sobre la importancia del cuidado del medio ambiente y del reciclaje, el cual fue enviado de manera electrónica por la red social de WhatsApp, mediante un grupo donde se encuentran la mayoría de los habitantes de la vereda.

Este folleto cuenta con tres importantes partes. La primera contiene información acerca del reciclaje y su importancia para el medio ambiente. El segundo componente de este folleto es una ilustración acerca de la clasificación de los residuos generados en el hogar; y, por último, se tiene un dato que genera impacto en las personas, con el fin de concientizar a la comunidad que vea este folleto.

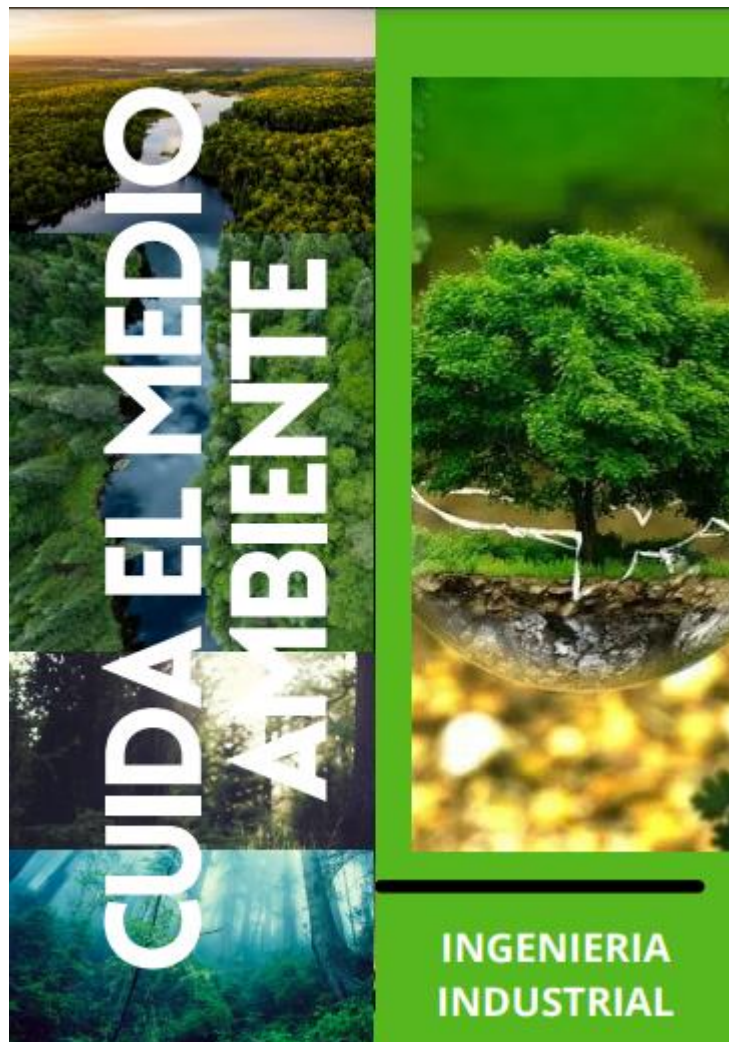


Imagen 7: Folleto entregado. **Anexo 17**

Los resultados del proyecto fueron avalados por la vicepresidenta de la junta de acción comunal de la vereda, pues, no fue posible una reunión con la presidenta actual. Este proyecto tuvo un buen impacto a la vicepresidenta Nancy Gonzales, la cual tomo la propuesta como algo a implementar, ya que se reciben a diario muchas quejas acerca del manejo de los residuos en los hogares de su comunidad. La reunión con el alcalde del municipio no fue posible, pues, por la cantidad de compromisos que tiene al día, no tuvo un espacio para revisar el proyecto.

10 ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS

La ruta obtenida por Heurística se adaptó muy bien a la obtenida por la realizada empíricamente, pues se contemplan las mismas carreteras para las rutas realizadas y obtenidas por ambos métodos. La ruta por heurística, al tener puntos de difícil acceso, se convierte pertinente el uso del método de puntos de acopio mencionados en la ruta empírica, o en los puntos 5, 6, 17, 19, y 25 de los nodos de la ruta heurística, teniendo los costos e ingresos anteriormente mencionados.

Gracias a las entrevistas y la encuesta realizada a la comunidad, se observa que las personas de algunos sectores se quejan por el servicio prestado por la empresa de recolección de residuos sólidos (Ecosiecha), pues hacen comentarios negativos sobre la calidad del servicio, además que no cumplen con lo prometido, ya que les habían prometido una nueva ruta de recolección unos años atrás. La perspectiva que tienen los habitantes de la vereda sobre el servicio de recolección hacia su entorno fue evaluada con 2,5 en una escala de 1-5.

En el momento de realizar el respectivo recorrido a la vereda, se encontraron algunas zonas con deficiencia en el mantenimiento vial, por lo que haría imposible el paso de los camiones recolectores de residuos; dichos caminos que son los responsables de comunicar las familias desde sus hogares hasta el casco urbano no son adecuados para poder plantear rutas en estilo de circuito, lo que complica la recolección de los residuos de los hogares y negocios comerciales del sector. Es por esto, que se planteó un sistema de recolección mediante puntos de acopio para aquellos hogares a los que no contemple la ruta de recolección propuesta, como se indicó anteriormente.

Los folletos entregados a la comunidad mediante la junta de acción comunal, tendrá un impacto positivo en la mente de las personas, pues, como se pudo observar con la encuesta, los lugares donde no se cuenta con recolección de residuos en su normalidad los botan o los queman en cualquier parte, es por ello que la entrega de este material visual podrá concientizar a las personas sobre las consecuencias del tratamiento no adecuado de los residuos sólidos en las personas y en la sociedad. Se lograron entregar cincuenta de estos folletos a la comunidad, lo cual representa el 40% de la población de la comunidad afectada.

La propuesta logró cautivar y llamar la atención de la vicepresidenta de la junta de acción comunal, ya que a diario recibe comentarios negativos hacia el servicio de

aseo en la vereda. Expreso que “es de gran ayuda para gente[...] necesitamos que esto se empiece a realizar cuanto antes, para evitar la contaminación que estamos viviendo últimamente”. Ella se comprometió que junto con la directiva se realizara la gestión posible hasta que se vean avances del proyecto aplicado a la comunidad, “así sea con la ruta, mientras definen los puntos de acopio”.

11 POSIBILIDADES Y ESTRATEGIAS DE CONTINUIDAD O AUTO SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

Con el fin de asegurar la continuidad del proyecto, se realizó una estrategia la cual garantizará que la población siga beneficiándose del proyecto con el paso del tiempo, ayudando a mejorar la calidad de vida de la comunidad de esta vereda. La estrategia tendrá como nombre: “La Bella y Limpia Santa Ana” y contará con los siguientes pasos:

- Capacitar a un directivo (coordinador de área) de la empresa en ruteo y logística para que sea quien pueda recibir la transferencia de conocimiento resultado del proyecto.
- Se le solicitará a la empresa el aseguramiento de un presupuesto anual para la continuidad del proyecto, esto para la adquisición y actualización mensual del software de ruteo y la capacidad del internet, entre otras actividades claves para mantener el proyecto vigente.
- Entregar a la alcaldía los resultados del proyecto para mostrar sus beneficios con el ánimo de facilitar y articular el proyecto a futuro con la empresa Ecosiecha.
- Brindar toda la información necesaria a la comunidad y los líderes comunitarios sobre el desarrollo del proyecto, para que esta sea partícipe de los beneficios y promuevan desde su alcance la sostenibilidad en el futuro del proyecto.

12 PRODUCTOS FINALES DE ORDEN SOCIAL ENTREGADOS A LA EMPRESA Y COMUNIDAD

Los productos finales entregados tanto a la comunidad, como a la empresa fueron los siguientes:

- Método de Ahorros Clarke and Wright. (Anexo 20)
- Fotos de los eventos realizados con la comunidad afectada. (Anexos 8, 12 y 14)
- Material audiovisual (Físico y/o digital). (Anexos)
- Propuesta de ruta de recolección de residuos. (Anexo 16)
- Documento final de la propuesta

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Existen hoy en día multitud de herramientas disponibles para apoyar la optimización de rutas y recursos, algunas de las cuales están especializadas en gestionar la distribución de mercancías, pero la mayoría tienen un precio elevado, cabe señalar que no tienen en cuenta el tiempo de llegada a una distancia real, además de que las aplicaciones suelen estar diseñadas para las condiciones y zonas ambientales específicas en las que se encuentran.
- La ruta propuesta para la empresa de servicios públicos del municipio reducirá en un 66% el indicador de contaminación de la vereda, mejorando la calidad de vida de los habitantes, haciendo que su entorno mejore con el tiempo y se sientan a gusto con el espacio en el que viven, ya que, en su gran mayoría, perciben su territorio con un gran problema contaminación, como consecuencia la falta de recolección de residuos.
- Con el planteamiento de la propuesta de ruta para el sistema de recolección de residuos sólidos, se concluye que se cumplieron con los objetivos establecidos, logrando una buena percepción del proyecto para la empresa directamente impactada (Ecosiecha), y para la comunidad afectada.
- Con esta propuesta, la empresa puede aumentar sus ingresos por la operación, además de reducir sus tiempos en los que realizan la planeación, seguimiento y control de las rutas realizadas por los conductores de los camiones. Aunque el software de planeación y seguimiento de rutas es algo costoso, la inclusión de las personas no incluidas en el servicio de recolección de residuos tendría un impacto positivo al porcentaje de rentabilidad solamente por esta operación.
- La adquisición de un nuevo camión recolector facilitaría aún más la optimización de las rutas de recolección, pues, reducirán radicalmente los tiempos de cada una de las rutas, y la satisfacción de los usuarios hacia el servicio aumentaría, además que los niveles de contaminación en algunas zonas tendrían una tendencia de reducción.
- Desde la junta de acción comunal, se debe tomar un sentido de pertenencia hacia el proyecto, buscando la manera y mediante la gestión de sus dirigentes, la implementación de esta propuesta e incluso de mejorarla, para

el beneficio de la comunidad y del medio ambiente que esta tan perjudicado en el sector.

- Adicionalmente, se observa que por errores y descuidos de la misma comunidad; existe un problema cultural hacia la problemática de la contaminación, se cree que están nunca verán problemas tan abisales por arrojar los residuos en zonas con tanta cercanía a los páramos, o ríos, creyendo que a ellos no les afecta, y pueden tener razón, no los puede afectar ahora, pero en el futuro, los perjudicados serán sus descendientes. Estas personas se quejan de los cambios climáticos tan severos de los últimos años, pero tienen una percepción muy baja de la calidad de su entorno a futuro. ¿pero qué se debe hacer?, cambiar sus hábitos y costumbres sobre el manejo de los residuos sólidos, con quemarlos no se soluciona nada. Existen varios puntos de reciclaje en el municipio, que, aunque están alejados de las veredas, hay personas que los recogen en las puertas de las casas. ¿Y lo que no es reciclaje?, mientras no exista una ruta de recolección para su casa, por lo menos cambie el pensamiento consumista y realice el ciclo de las 3R, y si no, comunicarse con la empresa de recolección de residuos para exponer su inconformidad hacia la recolección de los residuos a su hogar.
- El cambio climático depende de nosotros, si no empezamos a tomar acciones de cuidado al medio ambiente, nosotros mismos y nuestros hijos sufrirán las consecuencias.

14 ANEXOS

Anexo 1: Carta de aprobación de la empresa Ecosiecha.

Anexo 2: Mapa de la Vereda Santa Alta, con las rutas de recolección de basuras.

Anexo 3: Árbol de causas.

Anexo 4: Gráfico para el análisis de la población.

Anexo 5: Evidencias de contaminación y esparcimiento de residuos sólidos en la vereda.

Anexo 6: Evidencias de contaminación y esparcimiento de residuos sólidos en la vereda.

Anexo 7: Evidencias de contaminación y esparcimiento de residuos sólidos en la vereda.

Anexo 8: Evidencias de la entrevista de diagnóstico.

Anexo 9: Evidencias del recorrido a la vereda

Anexo 10: Archivo de resultados de la encuesta realizada.

Anexo 11: Reuniones con la empresa Ecosiecha.

Anexo 12: Evidencias de las entrevistas con la población afectada dando a conocer los resultados.

Anexo 13: Entrega de resultados del proyecto.

Anexo 14: Entrega de resultados a la Junta de Acción comunal.

Anexo 15: Rutas realizadas por la empresa Ecosiecha (Abrir con Google Earth).

Anexo 16: Propuesta de ruteo para la vereda.

Anexo 17: Folleto entregado a la comunidad.

Anexo 18: Herramienta de Planeación de Rutas SmartMonkey

Anexo 19: Estado de las Carreteras de la vereda.

Anexo 20: Metodología de Ahorro

15 BIBLIOGRAFÍA

- [1] V. Monsalvo, C. Romero, and D. Urquijo, "RECUPERACIÓN Y REVITALIZACIÓN DEL PAISAJE EN EL EMBALSE TOMINÉCALENDARIO/ RUTAS Y PAISAJE TURISMO CULTURAL," vol. 51, pp. 6–6, 2018, Accessed: Apr. 04, 2022. [Online]. Available: <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00004506.pdf>
- [2] E. R. Toro, M. Szantó, N. Juan, F. Pacheco, E. Contreras, and A. Gálvez, "Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios".
- [3] H. Sanin, "GUIA METODOLÓGICA GENERAL PARA LA PREPARACION Y EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSIÓN SOCIAL," INSTITUTO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE PLANIFICACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL - ILPES, vol. 179, 1995.
- [4] J. Vazquez, A. Mulás, O. Aguilar, and J. Sancho, "MANUAL PARA EL DISEÑO DE RUTAS DERECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES," 1997.
- [5] A. Ayala, "Asignación de rutas de vehículos para un sistema de recolección de residuos sólidos en la acera," Revistas Uniandes, vol. 7, 2001.
- [6] DNP, "Ficha Censo Guasca, Cundinamarca," Departamento Nacional de Planeación, vol. 23, 2018.
- [7] DNP, "Ficha Censo Guasca, Cundinamarca," 2014. [Online]. Available: www.minsalud.gov.co/estadisticas/Paginas/indicadores/asp

- [8] J. Torres, «Basura causa graves problemas de salud,» Bienestar180, S. F.. [Online]. Available: <https://www.salud180.com/salud-dia-dia/basura-causa-graves-problemas-de-salud>.
- [9] Cano, J. (n.d.). IMAGINARIOS SOCIALES. UNA HERRAMIENTA SISTÉMICO-SOCIAL PARA TRANSFORMAR UNA CULTURA ORGANIZACIONAL DE SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN.
- [10] Yosette Ustoa Martinez, "Gestión de Residuos," Florida Global University, Dec. 02, 2019. <https://floridaglobal.university/gestion-de-residuos/#:~:text=Desecho%3A,y%20m%C3%A1s%20%C3%BAtil%20de%20algo>. (accessed Nov. 02, 2022).
- [11] E. R. Toro, M. Szantó, N. Juan, F. Pacheco, E. Contreras, and A. Gálvez, "Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios," Jun. 2016.
- [12] Jaime Mira Galiana, "¿Qué es la logística? Definición, para qué sirve y conceptos básicos," Jul. 11, 2022. <https://blog.toyota-forklifts.es/que-es-logistica-definicion-conceptos> (accessed Nov. 03, 2022).
- [13] S. A., "LOGÍSTICA DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS," DE LOGISTICA , 2020. <https://www.delogistica.com/logistica-de-residuos-solidos-domiciliarios/> (accessed Nov. 03, 2022).
- [14] Ministerio de Ambiente, "LEY 99 DE 1993," Dec. 1993, Accessed: Nov. 03, 2022. [Online]. Available: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>
- [15] Senado de la Republica de Colombia, "DECRETO 2811 DEL 18 DE DICIEMBRE DE 1974," Dec. 18, 1974. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Decreto-2811-de-1974.pdf> (accessed Nov. 03, 2022).
- [16] Senado de la República de Colombia, "Artículo 79," Constitución Política de la República de Colombia, 1993.
- [17] Senado de la República de Colombia, "LEY 491 DE 1999," 1999. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/ley-491-de-1999/> (accessed Nov. 03, 2022).

- [18] J. A. Ascencio *et al.*, “Asistente automático para diseño de rutas de distribución”.