

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL
ESTRUCTURA DEL SERVICIO DE TRANSPORTE
DE RECOLECCION DE RESIDUOS APLICANDO
HERRAMIENTA MEDIANTE LA METODOLOGIA
DE DMAIC PARA LA REDUCCION DE COSTOS DEL
DEPARTAMENTO EN EL SEGUNDO SEMESTRE
DEL AÑO 2024

Proyecto de graduación para optar por la
Licenciatura en Ingeniería Industrial

ESTUDIANTE: YEUDY STEVEN ARAYA CALDERON

TUTOR: NATALIA GARITA PEREZ

Puntarenas, 2024

ACTA DE APROBACIÓN

Declaración Jurada

Yo Yeudy Steven Araya Calderon mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 118050553 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de licenciatura en ingeniería industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **DESARROLLO DE PROPUESTA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD FUNDAMENTADO EN LOS LINEAMIENTOS DE LA NORMA INTE/ISO 9001:2015 EN EL CENTRO AGRÍCOLA CANTONAL DE ESPARZA EN EL PRIMER SEMESTRE DEL 2024** es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Esparza, a los dieciséis días del mes de diciembre del año dos mil veinticuatro.



Firma del estudiante
Cédula 118050553

CARTA DE TUTOR

Puntarenas, 15 diciembre de 2024

Destinatario
Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

La estudiante **Yeudy Steven Araya Calderón**, cédula de identidad número **1-1805-0553**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **“ESTRUCTURA EL SERVICIO DE TRANSPORTE DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS APLICANDO HERRAMIENTA MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE DMAIC PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DEL DEPARTAMENTO EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2024”**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de **Licenciatura**.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

| | | | |
|----|---|-----|------------|
| a) | ORIGINAL DEL TEMA | 10% | 9% |
| b) | CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES | 20% | 19% |
| c) | COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION | 30% | 28% |
| d) | RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 20% | 17% |
| e) | CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO | 20% | 17% |
| | TOTAL | | 90% |

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

NATALIA DE LOS
 ANGELES MATARRITA
 PEREZ (FIRMA)

Digitally signed by NATALIA DE
 LOS ANGELES MATARRITA
 PEREZ (FIRMA)
 Date: 2024.12.15 21:51:53
 -06'00'

Lic. Natalia Matarrita Pérez
1-1237-0267

CARTA DE LECTOR

CARTA DE LECTOR

San José,

Universidad Hispanoamericana
Sede Heredia
Carrera Ingeniería Industrial

Estimado señor

El estudiante **Yeudy Steven Araya Calderón**, cédula de identidad **1-1805-0553**, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado: **ESTRUCTURA DEL SERVICIO DE TRANSPORTE DE RECOLECCION DE RESIDUOS APLICANDO HERRAMIENTA MEDIANTE LA METODOLOGIA DE DMAIC PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DEL DEPARTAMENTO EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO 2024**, el cual ha elaborado para obtener su grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

Firma
Nombre: Ruddy Alfredo Irias Alpizar
Cédula: 1-1293-0062
Carné: IPIN-27215

RUDDY
ALFREDO
IRIAS
ALPIZAR
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
RUDDY
ALFREDO IRIAS
ALPIZAR (FIRMA)
Fecha:
2025.02.20
07:28:17 -06'00'

CARTA DE AUTORIZACION

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 26 de marzo del 2025.


Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito Yeudy Steven Araya Calderón con número de identificación 118050553 autor del trabajo de graduación titulado:
ESTRUCTURA DEL SERVICIO DE TRANSPORTE DE RECOLECCION DE RESIDUOS APLICANDO HERRAMIENTA MEDIANTE LA METODOLOGIA DE DMAIC PARA LA REDUCCIÓN DE COSTOS DEL DEPARTAMENTO EN EL SEGUNDO SEMESTRE presentado y aprobado en el año 2025 como requisito para optar por el título de Licenciatura; Si autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que, con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica

Cordialmente,

 11805-0553
Firma y Documento de Identidad

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis, en primer lugar, a mi familia, quienes siempre estuvieron a mi lado a lo largo de este camino lleno de aprendizaje. Su apoyo incondicional, su comprensión en los momentos de mayor presión y sus palabras de motivación fueron el impulsó a seguir adelante.

A mis amigos, que compartieron conmigo este viaje lleno de retos, aprendizajes. Su compañía, apoyo y empatía hicieron que este proceso fuera mucho más llevadero, y me demostraron que la verdadera amistad es una de las mayores fortalezas en tiempos de desafío.

Por último, quiero dedicar este logro a todos los profesores que me acompañaron a lo largo de mi carrera universitaria. Cada uno de ellos, con su conocimiento, dedicación y pasión por enseñar, dejó en mí una huella y contribuyó de manera significativa a mi crecimiento académico y personal. Agradezco sinceramente las lecciones compartidas, que no solo me ayudaron a construir mi formación profesional, sino que también me inspiraron a seguir aprendiendo cada día.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento, pues sin su presencia y apoyo, este logro no habría sido posible.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la oportunidad de vivir una experiencia tan enriquecedora en mi universidad. También quiero agradecer a mi universidad por brindarme las herramientas y el espacio para convertirme en un profesional en lo que realmente me apasiona. Agradezco a cada uno de los profesores que formaron parte de este proceso de aprendizaje integral, cuyo resultado hoy se ve reflejado en esta tesis, que queda como un testimonio de este camino recorrido y como un aporte que espero sirva a las futuras generaciones.

Por último, gracias a quien se tome el tiempo de leer este apartado y explorar más de mi tesis, permitiendo que mis vivencias, investigaciones y aprendizajes formen parte de su propio conocimiento.

TABLA DE CONTENIDOS

Contenido

| | |
|--|----|
| INDICE FIGURAS..... | 11 |
| INDICE TABLAS | 14 |
| CAPÍTULO I | 15 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO | 15 |
| 1.2. IDENTIFICACION DE LA ORGANIZACIÓN | 16 |
| 1.2.1. Descripción general de la organización | 24 |
| 1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa o institución | 25 |
| 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 31 |
| 1.3.1. Definición y medición del problema..... | 31 |
| 1.3.2. Justificación del proyecto | 32 |
| 1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO..... | 38 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 38 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 38 |
| 1.5. Alcances y limitaciones..... | 38 |
| 1.5.1. Alcances..... | 38 |
| 1.5.2. Limitaciones..... | 39 |
| CAPITULO II MARCO TEORICO | 41 |
| 2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA | 41 |
| 2.1.1. Administración industrial | 41 |
| 2.1.2. Operación industrial | 42 |
| 2.1.3. Sostenibilidad industrial | 42 |
| 2.1.4. Proceso industrial | 43 |
| 2.1.5. Metodología DMAIC | 43 |

| | |
|--|-----------|
| 2.1.6. Gestión de Residuos Sólidos | 44 |
| 2.1.7. Análisis de Capacidad de residuos | 45 |
| 2.1.8. Optimización de Rutas de manejo residuos..... | 46 |
| 2.1.9. Indicadores de Desempeño (KPIs) | 46 |
| 2.1.10. Análisis Costo-Beneficio..... | 47 |
| 2.1.10. Análisis SIPOC..... | 48 |
| 2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTION DEL PROYECTO..... | 49 |
| 2.2.1. Metodología SMART | 49 |
| 2.2.2 PMBOK..... | 50 |
| 2.2.3. Modelo de Gestión de Riesgo..... | 50 |
| 2.2.3.2.2. Identificar los Riesgos | 53 |
| 2.2.3.2.3. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos..... | 53 |
| 2.2.3.2.4. Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos..... | 54 |
| 2.2.3.2.5. Planificar la Respuesta a los Riesgos | 55 |
| 2.2.4. Diagrama de Procesos | 56 |
| 2.2.5. Diagrama de Recorrido..... | 57 |
| 2.2.6. Hoja de Registro | 57 |
| 2.2.7. Sistemas de Monitoreo Continuo | 58 |
| 2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO..... | 59 |
| 2.3.1. Mejora de la Eficiencia Operativa..... | 59 |
| 2.3.2. Reducción de Costos | 59 |
| 2.3.3. Satisfacción Ciudadana..... | 60 |
| 2.3.4. Sostenibilidad Ambiental | 60 |
| 2.3.5. Innovación Tecnológica en la Gestión de Residuos..... | 61 |
| 2.3.6. Mejora Continua de Procesos | 62 |

| | |
|---|-----|
| | 10 |
| 2.3.7. Gestión de la Calidad del Servicio | 63 |
| 2.3.8. Análisis de Datos y Toma de Decisiones | 64 |
| 2.3.9. Optimización de Recursos | 65 |
| 2.3.10. Competitividad y Responsabilidad Social | 65 |
| 2.3.11. Análisis de Pareto | 67 |
| 2.3.12. Grafico Estadístico | 67 |
| 2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES..... | 68 |
| 2.4.1 Estado del Arte en la Optimización de Rutas de Recolección de Residuos | 68 |
| 2.4.2 Opiniones y Conclusiones de Otros Autores | 70 |
| 2.4.3 Resultados Más Importantes en la Actualidad | 71 |
| 2.4.4 Experiencias Nacionales e Internacionales..... | 72 |
| 2.4.5 Relevancia para el Proyecto Actual..... | 73 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL TRABAJO | 76 |
| 3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 76 |
| 3.2. METODOLOGÍA PARA MEDICIÓN Y EL RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO..... | 77 |
| 3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA | 78 |
| 3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO | 79 |
| 3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS RESULTADOS..... | 80 |
| 4.1. ANALISIS CAUSA RAIZ..... | 82 |
| 4.1.1. Componentes del SIPOC | 83 |
| 4.1.2. Diagrama de Pareto | 87 |
| 4.1.3. Gráficos Estadísticos | 90 |
| CAPITULO V..... | 132 |
| 5.1 DISEÑO DE LA PROPUESTA..... | 132 |

| | |
|---|-----|
| 5.1.1. Propuesta 1. Diagrama de proceso (Rediseño del Proceso de Recolección de Residuos) | 132 |
| Figura. 20. <i>Diagrama de proceso (Rediseño del Proceso de Recolección de Residuos)</i> | 136 |
| 5.1.2. Propuesta 2. Diagrama de recorrido (Rediseño recorrido de rutas) | 137 |
| 5.1.3. Propuesta 3. Hoja de Registro | 152 |
| 5.2. ANALISIS COSTO /BENEFICIO DE LAS PRPOUESTA..... | 156 |
| 5.2.1. Propuestas # 1 Diagrama de proceso/ Propuesta # Diagrama de recorrido (Combinada) | 156 |
| 5.2.2. Propuestas # 3 Hoja de Registro..... | 160 |
| 5.2.3. Costo Total Beneficio/Costo | 163 |
| 5.3. GESTION DE PROPUESTA DURANTE EL TIEMPO..... | 165 |
| 5.3.1. Gestión Propuestas de Tiempo | 166 |
| Figura 33. <i>Gantt #1 (Diagrama de Proceso)</i> | 166 |
| 5.4. GESTION DE CONTROL Y MONITOREO..... | 167 |
| 5.4.1. Propuesta 1: Optimización de Rutas de Recolección (Combinada) | 167 |
| CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 171 |
| 6.1. CONCLUSIONES | 171 |
| 6.2. RECOMENDACIONES | 174 |
| CAPITULO VII | 176 |
| 7.1. BIBLIOGRAFIA..... | 176 |

INDICE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 Beneficios de la Sostenibilidad Industrial | 16 |
| Figura 2 Organigrama de la Municipalidad de Esparza | 19 |
| Figura 3 Tabla de Función de la Municipalidad de Esparza..... | 23 |
| Figura 4 Ubicación de la Municipalidad de Esparza | 23 |
| Figura 5. Línea de tiempo de la Municipalidad de Esparza..... | 30 |
| Figura 6 Tendencias en el Tiempo de Recolección Promedio (2023)..... | 34 |
| Figura 7 Incremento en los Costos Operativos (2021-2023)..... | 35 |
| Figura 8 El Índice de Satisfacción Ciudadana ha disminuido (2021-2023) | 36 |
| Figura 9 SIPOC..... | 83 |
| Figura 10 Datos Diagrama de Pareto..... | 87 |
| Figura 11 Gráfico de Pareto..... | 88 |
| Figura 12 Grafico datos de recolección y costos | 91 |
| Figura 13 Tiempos de Recolección | 95 |
| Figura 14 Eficiencia en horas laboradas (mes)..... | 100 |
| Figura 15 Costos Operativos..... | 104 |
| Figura 16 Viajes por Camión (Teóricos) | 107 |
| Figura 17 Utilización de capacidad de Camiones..... | 108 |
| Figura 18 Viajes por Camión (Reales) | 109 |
| Figura 19 Eficiencia de los viajes (Camiones) | 110 |
| Figura 20 Relación entre Costos y Tiempo de Recolección | 113 |
| Figura 21 Costos teóricos vrs costos reales | 114 |
| Figura 22 Eficiencia de los Costos | 115 |
| Figura 23 Correlación entre Fallos Mecánicos y Costos Operativos..... | 118 |
| Figura 24 Frecuencia de Viajes vs. Tiempos de Recolección | 121 |

| | |
|---|-----|
| Figura 25 Satisfacción Ciudadana vs. Costos Operativos | 124 |
| Figura 26 Diagrama de proceso (Rediseño del Proceso de Recolección de Residuos)..... | 136 |
| Figura 27 Ruta 1 Camión 1 (Espíritu Santo) (Color Rojo)..... | 142 |
| Figura 28 Ruta 2 Camión 2(Macacona) (Color Azul)..... | 144 |
| Figura 29 Ruta 2 Camión 2(San Rafael) (Color Azul)..... | 145 |
| Figura 30 Ruta 3, Camión 3 (Caldera) (Color verde)..... | 147 |
| Figura 31 Ruta 3, Camión 3 (San Jerónimo) (Color verde)..... | 148 |
| Figura 32 Ejemplo de hoja de Registro. | 155 |
| Figura 33 Hoja de registro en blanco..... | 155 |
| Figura 34 Gantt #1 (Diagrama de Proceso) | 166 |
| Figura 35 Gantt #2 (Diagrama de Recorrido)..... | 166 |
| Figura 36 Gantt #3(Hoja de Registro) | 166 |

INDICE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Incremento en los Tiempos de Recolección | 32 |
| Tabla 2 Incremento en los Costos Operativos | 33 |
| Tabla 3 Índice de Satisfacción Ciudadana..... | 33 |
| Tabla 4 Matriz definición del Problema | 76 |
| Tabla 5 Matriz medición y análisis..... | 77 |
| Tabla 6 Estructura Propuesta de Mejora | 78 |
| Tabla 7 Matriz de implementación | 79 |
| Tabla 8 Matriz de verificación, aseguramiento y control | 80 |
| Tabla 9 Capacidad de Recolección y Costos o | 90 |
| Tabla 10 Tiempos de Recolección | 95 |
| Tabla 11 Eficiencia en horas laboradas (mes) | 100 |
| Tabla 12 Costos Operativos | 104 |
| Tabla 13 Viajes por Camión (Teóricos)..... | 107 |
| Tabla 14 Utilización de capacidad de Camiones | 108 |
| Tabla 15 Viajes por Camión (Reales)..... | 109 |
| Tabla 16 Eficiencia de los viajes (Camiones)..... | 110 |
| Tabla 17 Relación entre Costos y Tiempo de Recolección | 113 |
| Tabla 18 Costos teóricos vrs costos reales..... | 114 |
| Tabla 19 Eficiencia de los Costos | 115 |
| Tabla 20 Correlación entre Fallos Mecánicos y Costos Operativos | 118 |
| Tabla 21 Frecuencia de Viajes vs. Tiempos de Recolección | 120 |
| Tabla 22 Satisfacción Ciudadana vs. Costos Operativos..... | 123 |
| Tabla 23 Costos Iniciales | 160 |
| Tabla 24 Costos Operativos | 160 |
| Tabla 25 Beneficios..... | 160 |
| Tabla 26 Costos Iniciales y operativos..... | 162 |
| Tabla 27 Costos Iniciales y operativos | 163 |
| Tabla 28 Costos Operativos | 164 |
| Tabla 29 Costos operativos totales de las propuestas | 165 |
| Tabla 30 Beneficios totales de las propuestas | 165 |

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

DMAIC - Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar.

PMBOK - Project Management Body of Knowledge.

SIPOC - Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers.

LGIR - Ley de Gestión Integral de Residuos.

SMART - Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Time-bound.

KPIs - Key Performance Indicators (Indicadores Clave de Desempeño).

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en la Municipalidad del cantón de Esparza, ubicado en la provincia de Puntarenas, durante el segundo semestre del año 2024, con el objetivo de optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos ordinarios y valorizables a fin de mejorar la calidad del servicio que brinda aprovechando los recursos con los que actualmente cuenta.

Actualmente, la municipalidad enfrenta problemas relacionados con la ineficiencia en la distribución de las rutas, originado por la antigüedad que poseen las unidades de recolección y la mala planificación en la asignación de las unidades utilizadas en las diferentes rutas, así como la forma incorrecta en que la institución asigna los distintos recursos con los que cuenta operativamente. Esto ocasiona que la institución incurra en tiempos prolongados de recolección, altos costos operativos y una creciente insatisfacción entre los ciudadanos. Los factores anteriormente mencionados evidentemente demuestran que se hace indispensable un diagnóstico urgente y/o una intervención para mejorar tanto la eficiencia del servicio como la satisfacción de los usuarios.

Para abordar estos problemas, se utilizará la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar) como base para identificar las causas raíz de la ineficiencia y generar propuestas de mejora. Entre las soluciones propuestas, se encuentra la optimización de las rutas de recolección, rediseñando recorridos para equilibrar la carga de trabajo entre las zonas y mejorar el uso de los recursos.

Además, se sugiere la incorporación de sistemas de monitoreo (indicadores) continuo para medir el desempeño de las rutas y los tiempos de recolección, lo que permitiría una gestión más precisa de los recursos.

Ahora bien, el proyecto busca reducir los costos operativos y mejorar la satisfacción ciudadana mediante la reorganización de las rutas y la implementación de nuevas herramientas tecnológicas. Estas acciones se plantean con el fin de optimizar el tiempo promedio de recolección

y mejorar el uso de la flota vehicular, contribuyendo a una operación más eficiente y sostenible a largo plazo.

Palabras Claves: Optimización, Recolección de residuos, DMAIC, Sostenibilidad, Eficiencia operativa.

EXECUTIVE SUMMARY

The present research project was carried out in the Municipality of the canton of Esparza, located in the province of Puntarenas, during the second half of 2024, with the objective of optimizing the collection routes of ordinary and recoverable solid waste in order to improve the quality of the service it provides by taking advantage of the resources it currently has.

Currently, the municipality faces problems related to inefficiency in the distribution of routes, caused by the age of the collection units and poor planning in the assignment of the units used on the different routes, as well as the incorrect way in which the institution assigns the different resources it has operationally. This causes the institution to incur long collection times, high operating costs, and growing dissatisfaction among citizens. The aforementioned factors evidently demonstrate that an urgent diagnosis and/or intervention is essential to improve both the efficiency of the service and user satisfaction.

To address these problems, the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Implement and Control) methodology will be used as a basis to identify the root causes of inefficiency and generate improvement proposals. Among the proposed solutions is the optimization of collection routes, redesigning routes to balance the workload between areas and improve the use of resources.

In addition, the incorporation of continuous monitoring systems (indicators) is suggested to measure the performance of routes and collection times, which would allow more precise management of resources.

Now, the project seeks to reduce operating costs and improve citizen satisfaction through the reorganization of routes and the implementation of new technological tools. These actions are proposed in order to optimize the average collection time and improve the use of the vehicle fleet, contributing to a more efficient and sustainable operation in the long term.

Keywords: Optimization, Waste collection, DMAIC, Sustainability, Operational efficiency.

CAPÍTULO I:
PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

CAPÍTULO I

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Un proyecto es, ni más ni menos, la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema por solucionar, entre tantos, una necesidad de la institución. Cualquiera que sea la idea que pretende implementar, el cambio, la metodología o la herramienta por aplicar, ella conlleva necesariamente la búsqueda de proposiciones coherente destinada a resolver las necesidades de la institución.

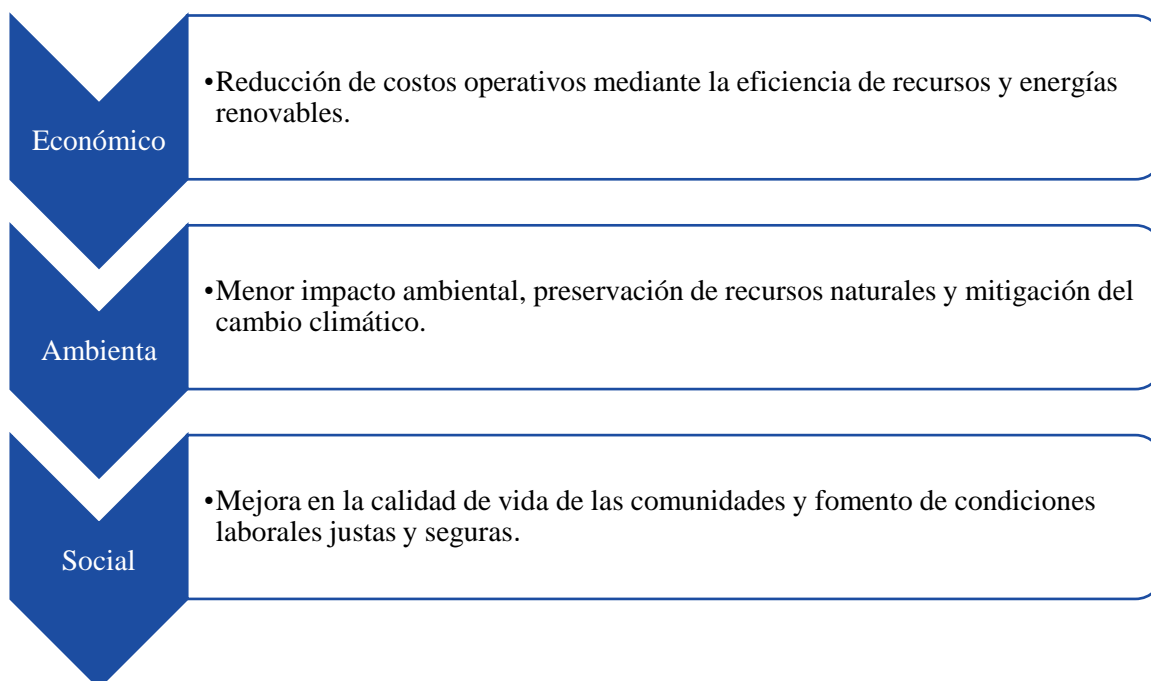
El proyecto se llevara a cabo en la Municipal de Esparza es la encargada de fomentar la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones, brindar servicios de recolección de desechos y limpieza de aceras y carreteras, manejo de los cementerios, mantener en un perfecto estado las vías públicas del cantón y parques municipales, dirigir los servicios públicos de la zona como lo son los trámites para una construcción y para negocios comerciales, administrar los impuestos municipales brindar seguridad mediante vigilancias como la instalación de cámaras en diferentes zonas, mantener los caminos y parques en perfecto estado, conservar los recursos naturales del cantón.

La elaboración de este proyecto tiene la finalidad de poder hacer una mejora en el proceso del departamento de servicios de la institución, poniendo en funcionamiento la metodología DMAIC para así hacer una disminución de los gastos innecesarios del departamento. El proyecto va por la línea de investigación de la sostenibilidad industrial, la aplicación en la Municipalidad de Esparza en la línea sostenibilidad industrial incluye programas de reciclaje, el uso de energías renovables y alianzas para promover prácticas

responsables en las industrias locales. Estas iniciativas buscan reducir el impacto ambiental y fomentar un desarrollo económico sostenible en la región.

Figura 1

Beneficios de la Sostenibilidad Industrial



Fuente: Creación Propia, 2024

1.2. IDENTIFICACION DE LA ORGANIZACIÓN

El gobierno local de Esparza es responsable de administrar y administrar los servicios públicos, así como del desarrollo completo del cantón de Esparza, ubicado en la provincia de Puntarenas, Costa Rica. Con la planificación, el desarrollo y el control de proyectos y servicios que contribuyan al progreso sostenible y a la mejora de la calidad de vida en todas las comunidades del cantón, la Municipalidad tiene como objetivo promover el bienestar de sus ciudadanos.

Estructura Organizativa

La Municipalidad de Esparza cuenta con cuatro niveles organizativos principales: el Nivel Político, el Nivel de Fiscalización Superior, el Nivel de Asesoría y Servicio y el Nivel Sustantivo.

Nivel Político:

Consejo Municipal: Es el órgano deliberativo y de decisión política.

Alcaldía: Encargada de la dirección ejecutiva de la Municipalidad.

Nivel de Fiscalización Superior:

Auditoría: Este órgano se encarga de la fiscalización interna, asegurando la correcta gestión de los recursos públicos.

Nivel de Gestión, Asesoría y Servicio:

Gestión Jurídica: Proporciona asesoría legal en todos los aspectos municipales.

Gestión de Tecnología de Información: Responsable de la infraestructura tecnológica y los sistemas de información.

Gestión Administrativa: Se subdivide en:

- Proveeduría Municipal
- Servicios Generales
- Archivo Central
- Mercado y Cementerio

Gestión de Recursos Humanos: Maneja la administración del personal.

Gestión de Desarrollo Humano Local: Se subdivide en:

- Escuela Municipal de Música

- Biblioteca Pública
- Desarrollo Social

Gestión de Planificación y Presupuesto: Encargada de la planificación estratégica y la asignación presupuestaria.

- Gestión Financiera: Se subdivide en:
- Plataforma
- Gestión Tributaria
- Valoración y Bienes Inmuebles
- Tesorería
- Contabilidad

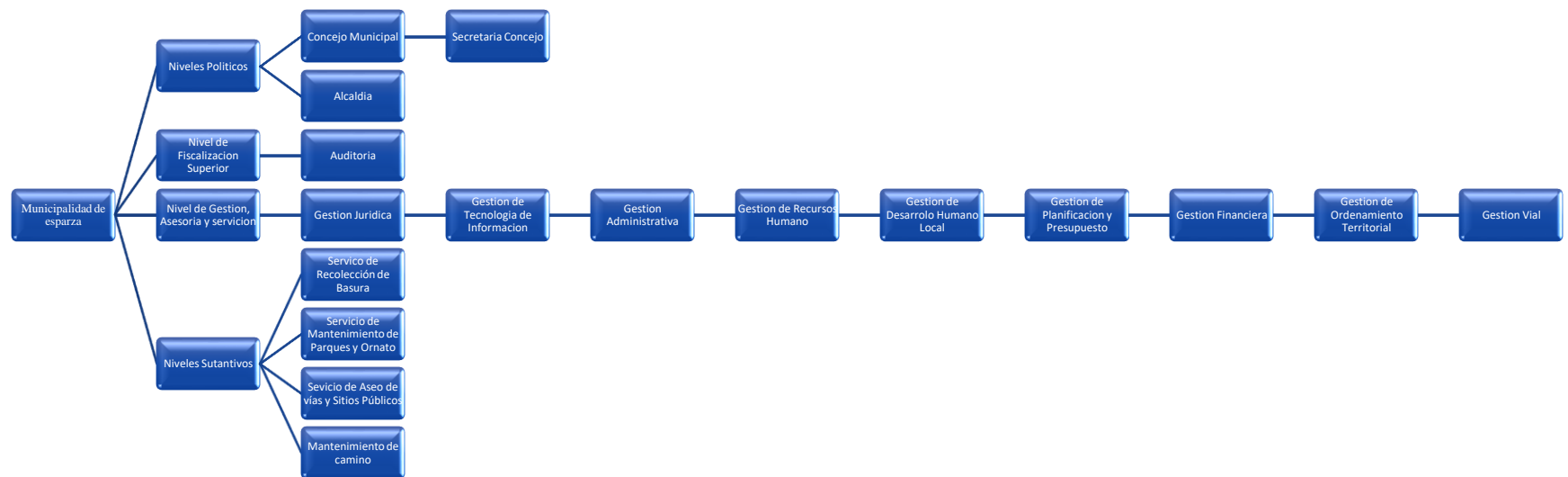
Gestión de Ordenamiento Territorial y Vial: Se subdivide en:

- Catastro
- Servicios Ambientales y Públicos

Nivel Sustantivo:

- Servicio de Recolección de Basura
- Servicio de Mantenimiento de Parques y Obras
- Ornato
- Servicio de Aseo de Vías, Sitios Públicos y Mantenimiento de Caminos

La organización de la Municipalidad de Esparza tiene como objetivo asegurar un manejo coordinado y efectivo de los servicios públicos y proyectos que tienen un impacto directo en la calidad de vida de los ciudadanos del cantón. El cumplimiento de la misión institucional y el desarrollo sostenible dependen de cada nivel y gestión.

Figura 2*Organigrama de la Municipalidad de Esparza*

Fuente: Municipalidad de Esparza, 2024.

Funciones de la Estructura Organizativa de la Municipalidad de Esparza

El gobierno local del cantón de Esparza, en la provincia de Puntarenas, Costa Rica, es administrado por la Municipalidad de Esparza. Sus principales responsabilidades incluyen la administración y coordinación de proyectos y servicios que ayudan a mejorar la calidad de vida de los habitantes del cantón.

Alcaldía: se encarga de la dirección general y la representación legal de la municipalidad.

Concejo Municipal: Órgano legislativo compuesto por regidores que toman decisiones sobre la gestión y políticas locales.

Administración Municipal: Dirigida por el alcalde, incluye varias dependencias:

Finanzas: Gestión de los recursos económicos, presupuesto, y tesorería.

Recursos Humanos: Administración del personal municipal.

Secretaría Municipal: Manejo de la documentación y apoyo administrativo.

Departamento de Servicios Públicos: Responsable de la infraestructura, mantenimiento y servicios esenciales.

Servicios y proyectos

Servicios públicos

Recolección de residuos sólidos: La institución brinda servicio de recolección de basura en las diferentes comunidades de Esparza, este servicio tiene establecido horarios de recolección que se les informa a las comunidades para así todos los usuarios pueda disponer de sus desechos y los respectivos colaboradores puedan recolectarla.

Proceso de recolección: La respectiva recolección de los desechos se realiza mediante camiones en las rutas ya establecidas luego de realizar la recolección de los desechos son transportados a los sitios disposición final o centros de reciclaje.

Clasificación y manejo de los residuos

En el cantón de esparza se llevado a cabo varios estudios sobre la composición de los residuos sólidos que se recolectan en la zona y se ha comprobado que más del 70% de los residuos recolectados pueden ser aprovechados como material reciclable o mediante compostaje, mientras que la otra cuarta parte deberán ser enviado a un sitio de relleno sanitario.

Programas de Reciclaje y Educación Ambiental

La institución está muy involucrada con reducción de problemas ambientales que conlleva al deterioro del ambiente debido a los residuos. Debido a ello, la municipalidad esparza elaboro programas de reciclaje que eso permitirá a los residentes de las diferentes comunidades separar los desechos reciclables como lo es metales, vidrio, papel y plástico. Además, se llevan a cabo actividades de educación ambiental para fomentar sobre la necesidad de tener una adecuada educación ambiental mediante campañas promoviendo la reducción, reutilización de los materiales y al reciclaje de los materiales.

Proyectos a largo plazo y desafíos de la institución

El principal desafío de la municipalidad de esparza es la mejora de la infraestructura de gestión de residuos. Otros de los desafíos en lo que está trabajando en implementar nuevas herramientas tecnológicas que te permitan optimizar las rutas de recolección.

Manejo de Mercado Municipal

La municipalidad de esparza está encargada de la administración de los espacios comerciales productores de la zona y comerciales y así puedan comercializar sus productos, así incentivando dándole apoyo a la economía de la zona.

Biblioteca Pública

La biblioteca pública brinda herramientas culturales y educativas mediante libros, acceso a internet, promoviendo la educación en la comunidad del cantón de Esparza.

Centro de Artes Integrales

La Municipalidad de Esparza tiene la iniciativa y compromiso de incentivar y apoyar distintas ramas artísticas del cantón. La municipalidad ofrece diferentes programas, talleres que busca fomentar creatividad y talento en la comunidad. servicios y actividades que se brindan en el Centro de Artes Integradas tales como; taller de artes plásticas, escuela municipal de música, exposiciones y eventos públicos.

Comité Cantonal de Deportes

Se encargan de la organización y planificación de los eventos deportivos del cantón y la gestión de las instalaciones para promover el deporte en la zona.

Bolsa de Empleo y Apoyo a los emprendedores de la zona

Brinda apoyo a todos los emprendedores de la zona así promoviendo el empleo a las comunidades a encontrar trabajo y apoyo a sus negocios propios.

Terminal de buses

Brinda transporte público así mejorando la movilidad y la conexión dentro y fuera del cantón.

Figura 3

Tabla de Función de la Municipalidad de Esparza

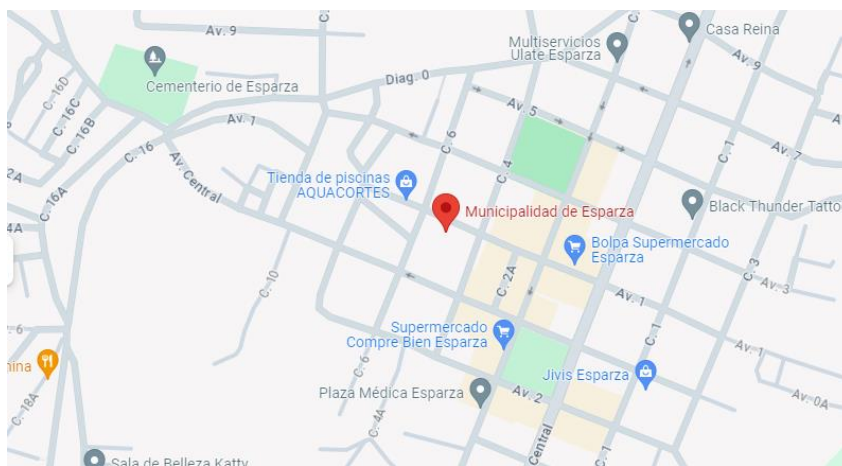


Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Ubicación de la Municipalidad de Esparza

Esparza



Fuente: Google Maps 2024.

1.2.1. Descripción general de la organización

Misión

Ser un gobierno local transparente, moderno, eficaz y eficiente, que promueve la participación ciudadana y el compromiso de todos los sectores de la sociedad para lograr el Desarrollo Humano en Esparza.

Visión

Convertirse en un Gobierno Municipal participativo, con recursos humanos calificados y con credibilidad, capaz de liderar, coordinar y concertar el Desarrollo Humano de Esparza.

Ubicación y Demografía

Esparza se sitúa en la provincia de Puntarenas, en la región del Pacífico Central de Costa Rica. Limita al norte con San Mateo, Orotina y Atenas; al este con San Ramón; y al oeste con Puntarenas. Esparza es conocida por sus paisajes naturales y su clima cálido.

Administración Municipal

La Municipalidad de Esparza es la entidad responsable de la administración local y de brindar todos los servicios públicos a las comunidades del cantón. Su misión es promover el desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida de todos los habitantes de Esparza

Servicios Públicos:

La Municipalidad ofrece una variedad de servicios públicos, entre ellos:

Recolección de Residuos Sólidos: Gestión integral de los desechos del cantón.

Mantenimiento de Infraestructuras: Aseo y ornato de las áreas públicas.

Desarrollo Urbano y Rural: Planificación urbana, infraestructura básica y promoción de la cultura y educación, a través de la creación de centros de artes integrales, eventos y festivales.

Gestión Ambiental: Implementación de proyectos de sostenibilidad y educación ambiental.

Desarrollo Económico y Social: Apoyo a las comunidades mediante iniciativas económicas que impulsan el crecimiento local.

1.2.2. Antecedentes del contexto de la empresa o institución

En la historia colonial de Costa Rica, la Municipalidad de Esparza es una de las instituciones locales más antiguas del país. En 1574, el explorador español Juan de Caballón y Arboleda estableció el cantón de Esparza con el nombre de Espíritu Santo de Esparza. Gracias a su ubicación estratégica y su proximidad al puerto de Puntarenas, este asentamiento se convirtió en uno de los puntos de entrada más significativos para las colonias españolas en el Pacífico Central.

La Municipalidad de Esparza ha desempeñado un papel esencial en el desarrollo y la administración del cantón desde sus inicios. La institución fue responsable de administrar la justicia en la zona y de administrar los recursos locales durante la época colonial. La Municipalidad de Esparza se adaptó a los cambios sociales, económicos y políticos de Costa Rica a lo largo del tiempo, y con la independencia del país en 1821, comenzó a asumir nuevas responsabilidades.

En el siglo XX, la Municipalidad de Esparza se convirtió en la entidad gubernamental responsable de supervisar el progreso urbano y rural del territorio, promoviendo iniciativas relacionadas con la educación, la salud y la infraestructura.

La economía del cantón comenzó a diversificarse, incorporando el comercio, la industria y el turismo como sectores importantes, a pesar de que al principio se basaba en la agricultura y la ganadería. La municipalidad tuvo un papel fundamental en la modernización del cantón y en la mejora de los servicios públicos.

La Municipalidad de Esparza se ha enfocado en fomentar un desarrollo sostenible durante las últimas décadas, armonizando el desarrollo económico con la protección del medio ambiente y el bienestar social. Para mejorar la calidad de vida de los habitantes del cantón, la institución ha llevado a cabo iniciativas de desarrollo social, gestión ambiental y fortalecimiento de la infraestructura local.

La Municipalidad de Esparza ha demostrado durante toda su historia su habilidad para adaptarse y su dedicación al progreso completo de su comunidad. La Municipalidad sigue siendo una parte esencial de la evolución y el progreso de Esparza, con una perspectiva enfocada en el desarrollo humano y la participación ciudadana.

Incorporación a la Estructura Gubernamental de Costa Rica

La Municipalidad de Esparza se unió a la nueva estructura gubernamental de Costa Rica con la independencia del país en 1821. La Municipalidad obtuvo un marco legal para administrar los asuntos locales de manera autónoma gracias a la creación de la Ley General de Municipalidades, entre otras leyes. Alineándose con las políticas nacionales de descentralización y fortalecimiento del gobierno local, la Municipalidad pudo asumir nuevas responsabilidades, como la planificación urbana y la administración de los servicios públicos.

Transformación Socioeconómica del Cantón

Esparza experimentó una significativa transformación socioeconómica durante los siglos XIX y XX. Originalmente, la economía del cantón estaba basada en la agricultura y la ganadería, actividades que fueron la columna vertebral de su desarrollo durante muchos años. Cuando el comercio, la industria y el turismo comenzaron a expandirse en la segunda mitad del siglo XX, sin embargo, la diversificación económica se hizo evidente. En este proceso, la Municipalidad de Esparza desempeñó un papel fundamental al promover políticas que permitieron la modernización del cantón y la creación de nuevas oportunidades económicas.

Respuestas a Desafíos y Crisis

La Municipalidad de Esparza ha enfrentado y superado muchos desafíos a lo largo de su historia. La Municipalidad ha demostrado su capacidad de respuesta rápida al implementar medidas de emergencia para salvaguardar a los habitantes y restaurar los servicios esenciales durante desastres naturales como terremotos e inundaciones. Adicionalmente, para mantener la estabilidad y el desarrollo del cantón, la Municipalidad ha manejado con éxito los cambios en la economía mundial que han afectado a la región.

Evolución de la Infraestructura y Servicios Públicos

El progreso de los servicios públicos y la infraestructura en Esparza demuestra el compromiso de la Municipalidad con el bienestar de sus ciudadanos. El avance de la infraestructura urbana y rural ha sido liderado por la Municipalidad, desde la edificación de puentes y carreteras hasta la modernización de los sistemas de agua potable y electricidad. También ha mejorado y ampliado continuamente los servicios públicos, como la limpieza y ornato de las vías públicas, el mantenimiento de parques y la recolección de residuos sólidos.

Promoción de la Participación Ciudadana y la Transparencia

La Municipalidad de Esparza ha incrementado sus esfuerzos para fomentar la transparencia y la participación ciudadana en la administración pública en los últimos años. Para que los ciudadanos participen en la toma de decisiones, se han establecido plataformas digitales para la rendición de cuentas y mecanismos de consulta popular. Enfatizando una cultura de cooperación y confianza, estos esfuerzos han fortalecido la conexión entre la Municipalidad y los residentes del cantón.

Relación con el Gobierno Central y Otras Instituciones

El progreso del cantón ha dependido de la cooperación entre el gobierno central y la Municipalidad de Esparza. Para llevar a cabo iniciativas de gran alcance, como programas de desarrollo social y proyectos de infraestructura, la Municipalidad ha colaborado con otras instituciones públicas y privadas mediante acuerdos de cooperación y proyectos conjuntos. Gracias a la búsqueda de financiamiento externo, la Municipalidad ha podido llevar a cabo proyectos que de otra manera no habrían sido factibles.

Proyectos de Sostenibilidad y Gestión Ambiental

La Municipalidad de Esparza prioriza en la actualidad la sostenibilidad y el manejo ambiental. Para sensibilizar a la población sobre la importancia de preservar el medio ambiente, la institución ha iniciado numerosos programas de educación ambiental y reforestación y gestión de residuos sólidos. Los objetivos de estas iniciativas no son solo conservar los recursos naturales de Esparza, sino también garantizar un crecimiento económico que sea compatible con la preservación del medio ambiente.

Evolución del Departamento de Recolección de Residuos

La evolución de la gestión de residuos sólidos en Esparza ha sido notable a lo largo de los años, reflejando tanto el aumento de la población como las crecientes exigencias de sostenibilidad y protección ambiental.

Al principio, la recolección de desechos en Esparza se llevaba a cabo de manera básica. Con una intervención mínima del ayuntamiento, las comunidades locales manejaban sus propios desechos. En respuesta a la necesidad de mantener la salud en un ambiente con recursos limitados y una población menos densa, se emplearon prácticas fundamentales, como el enterramiento o la quema de basura.

La recolección de residuos fue profesionalizada y formalizada por la Municipalidad de Esparza con el paso del tiempo. Se establecieron rutas regulares de recolección y se introdujeron camiones de basura a mediados del siglo XX. El aumento de la población y la urbanización permitieron una gestión más efectiva del creciente volumen de desechos, lo que constituyó un hito en la mejora de la salubridad pública.

En respuesta a las demandas sociales y ambientales, la Municipalidad de Esparza ha implementado programas más avanzados para la gestión de residuos sólidos en las últimas décadas. Se destacan los programas que fomentan el reciclaje y la separación de los residuos en su origen. Los residentes han adoptado prácticas sostenibles gracias a la implementación de campañas educativas y a contenedores específicos para materiales reciclables; esto ha contribuido a una cultura de mayor responsabilidad ambiental.

En la actualidad, la Municipalidad de Esparza sigue mejorando sus servicios de recolección de desechos mediante iniciativas novedosas. La optimización de las rutas de recolección a través de tecnologías de geolocalización permite una operación más eficiente y una reducción del impacto ambiental. Se están implementando también programas de

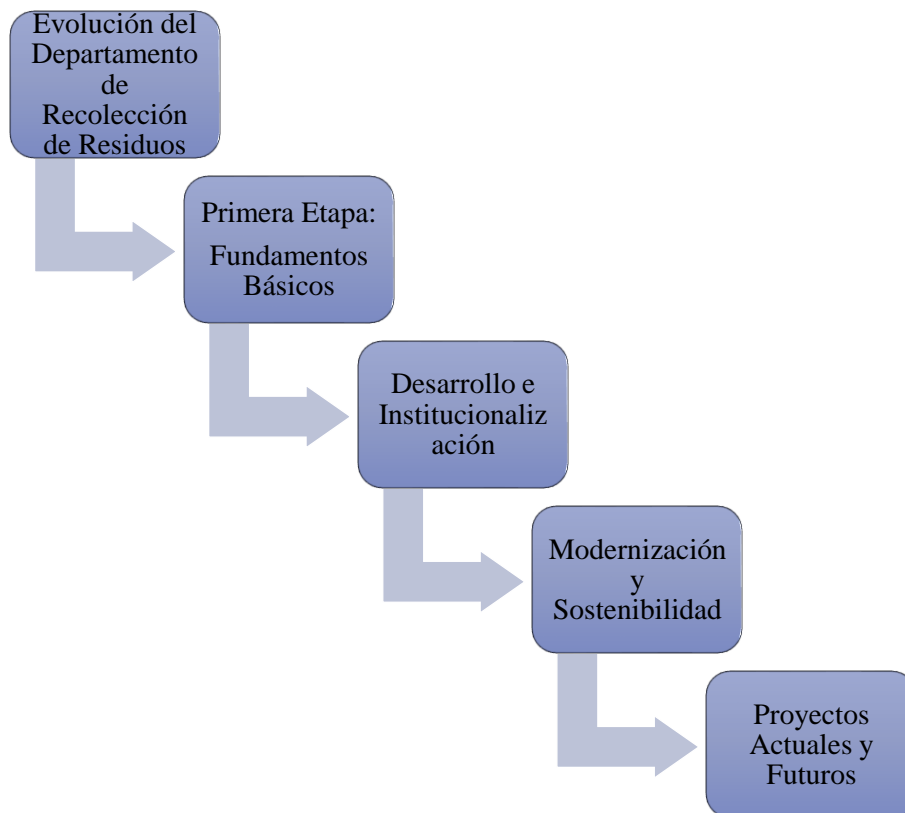
compostaje para el manejo de desechos orgánicos, lo que fomenta un ciclo de gestión más ecológico.

Para mejorar las habilidades de reciclaje y disminuir la cantidad de residuos que llegan a los vertederos, la Municipalidad está considerando establecer asociaciones estratégicas con entidades privadas y organizaciones no gubernamentales. La alineación de la gestión de los residuos con los objetivos de protección ambiental y sostenibilidad es parte de un esfuerzo más amplio.

La creación de planes de resiliencia y acción climática también ha sido una forma de abordar los desafíos ambientales. Estos planes garantizan que la administración de residuos sólidos en el cantón de Esparza cumpla con los objetivos a largo plazo de sostenibilidad y protección del medio ambiente, además de ser efectiva.

Figura 5

Línea de tiempo de la Municipalidad de Esparza



Fuente: Municipalidad de Esparza, 2024.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Definición y medición del problema

La Municipalidad de Esparza enfrenta una serie de problemas significativos con la gestión de las rutas de recolección de residuos sólidos ordinarios y valorizables. Debido a estas circunstancias, la administración municipal y los ciudadanos están muy insatisfechos. La siguiente es una lista de las principales áreas de disconformidad que afectan negativamente la eficiencia del servicio, la satisfacción de los residentes y el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad.

1.3.2. Justificación del proyecto

Uno de los problemas más destacados es la ineficiencia en la distribución actual de las rutas de recolección de residuos. Las rutas actuales han demostrado ser inadecuadas para manejar el volumen de residuos generados, lo que resulta en tiempos prolongados de recolección y un uso subóptimo de los recursos municipales. Algunas rutas están sobrecargadas, lo que ocasiona retrasos y aumenta el desgaste de los vehículos, mientras que otras rutas están subutilizadas, generando ineficiencia operativa.

El aumento de los tiempos de recolección y la frecuencia de los retrasos en el servicio son las principales causas de este problema. Las quejas ciudadanas aumentaron en el año 2023 debido a un aumento del 15% en el tiempo promedio de recolección en comparación con el año anterior.

Tabla 1

Incremento en los Tiempos de Recolección

| Mes | Tiempo Promedio de Recolección (horas) | Incremento (%) |
|----------------|---|-----------------------|
| Enero | 6.5 | - |
| Febrero | 7.0 | +7.69% |
| Marzo | 7.3 | +4.29% |
| Abril | 7.5 | +2.74% |
| Mayo | 7.8 | +4.00% |

| | | |
|-------------------|-----|--------|
| Junio | 8.2 | +5.13% |
| Julio | 8.4 | +2.44% |
| Agosto | 8.6 | +2.38% |
| Septiembre | 8.9 | +3.49% |

Fuente: Municipalidad de Esparza, 2023

El aumento constante de los tiempos de recolección ha provocado ineficiencias operativas significativas, además de aumentar los costos de mantenimiento y el desgaste anticipado de la flota vehicular.

Aumento de Costos Operativos

Otra área muy preocupante es el aumento de los costos operativos. Los costos relacionados como: el combustible, el mantenimiento de los vehículos y las horas laborales adicionales, han aumentado significativamente a medida que las rutas de recolección se han vuelto más ineficientes. En comparación con el año anterior, los costos operativos totales relacionados con la recolección de residuos aumentaron en un 20% en el año 2023, sin que la eficiencia del servicio mejorara.

Tabla 2

Incremento en los Costos Operativos

| Año | Costo Operativo Total | Incremento (%) |
|-------------|------------------------------|-----------------------|
| | (CRC) | |
| 2021 | 50000000 | - |
| 2022 | 55000000 | 10% |
| 2023 | 66000000 | 20% |

Fuente: Municipalidad de Esparza, 2023

Insatisfacción Ciudadana

Los ciudadanos están cada vez más insatisfechos con el servicio de recolección de residuos. La percepción de una desigualdad en la calidad del servicio entre diferentes comunidades, la acumulación de basura en áreas particulares del cantón y la falta de regularidad en los horarios de recolección son las quejas más comunes. En cuanto a la percepción pública de la Municipalidad, esta insatisfacción puede tener consecuencias políticas y sociales.

Tabla 3

Índice de Satisfacción Ciudadana

| Año | Porcentaje de Satisfacción Ciudadana (%) |
|-------------|---|
| 2021 | 75% |
| 2022 | 70% |
| 2023 | 60% |

Fuente: Encuestas de Satisfacción Ciudadana, Municipalidad de Esparza, 2023.

VARIABLES REPRESENTATIVAS DEL PROBLEMA

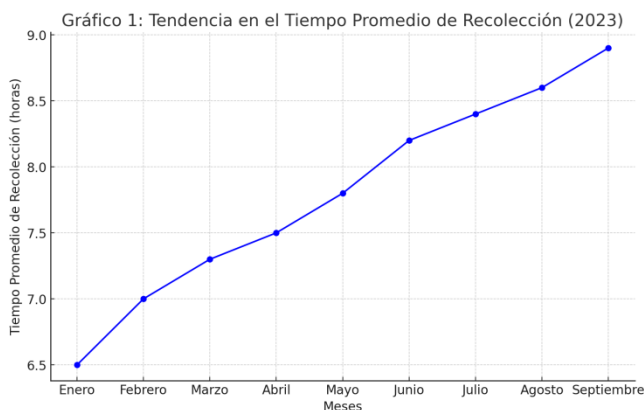
La administración de las rutas de recolección de residuos en Esparza se ve claramente representada por las variables siguientes. Se han examinado estas variables a partir de los datos recopilados en el año 2023 y años anteriores; se han destacado las tendencias preocupantes que resaltan la necesidad de optimizar el servicio.

Tiempo de recolección promedio

Esta variable ha aumentado constantemente en los últimos meses, lo cual refleja la ineficiencia de las rutas actuales. El aumento del tiempo medio de recolección indica que las rutas no están distribuidas de manera adecuada; esto provoca demoras significativas y tiene un impacto en la calidad del servicio.

Figura 6

Tendencias en el Tiempo de Recolección Promedio (2023)



Fuente: Datos Municipalidad

2023

de Esparza,

El
recolección
durante el

tiempo promedio de
ha aumentado mes a mes
año 2023, según el gráfico.

Este aumento progresivo indica que en algunas rutas hay una carga desproporcionada y que se requiere una redistribución para aumentar la eficiencia.

Costo Operativo Total

El incremento en los costos operativos es una señal clara de la ineficiencia del sistema actual. En el año 2023, los costos operativos aumentaron en un 20% en comparación con el año

anterior. Este incremento está relacionado directamente con el aumento en el tiempo de recolección, así como con el desgaste adicional de los vehículos y el consumo de combustible.

Figura 7

Incremento en los Costos Operativos (2021-2023)

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

El gráfico destaca cómo los costos operativos han aumentado progresivamente en los últimos tres años. Este aumento refleja la carga financiera adicional que la Municipalidad ha



tenido que asumir, afectando su capacidad para gestionar otros proyectos y servicios.

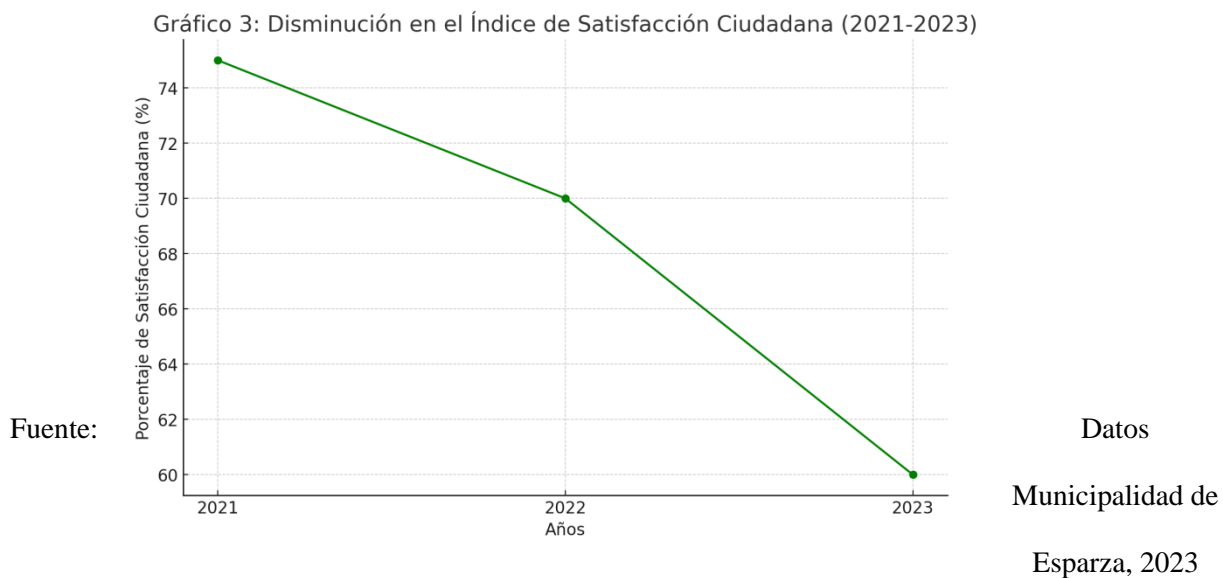
Porcentaje de Satisfacción Ciudadana

La percepción en el servicio por parte de los ciudadanos se ve afectada negativamente por los problemas en la recolección de residuos, según la disminución de la satisfacción

ciudadana. La satisfacción ha disminuido significativamente: de un 75% en 2021 a solo un 60% en 2023. Esta tendencia es alarmante, ya que muestra una insatisfacción cada vez mayor entre los ciudadanos, lo que podría conducir a un descontento generalizado si no se abordan los problemas fundamentales.

Figura 8

El Índice de Satisfacción Ciudadana ha disminuido (2021-2023)



El índice de satisfacción ciudadana ha disminuido en los últimos tres años, según el gráfico. Los problemas operativos que se han observado están claramente relacionados con esta caída, lo que indica que la mejora en la gestión de residuos podría revertir esta tendencia negativa.

1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1. Objetivo general

Estructurar el servicio de transporte de recolección de residuos aplicando herramienta mediante la metodología de DMAIC para la reducción de costos del departamento de servicios en el segundo semestre del año 2024 a fin de mejorar la calidad del servicio que brinda aprovechando los recursos con los que actualmente cuenta.

1.4.2. Objetivos específicos

1.4.2.1 Definir la situación actual de las rutas de recolección de residuos en las diferentes zonas mediante un diagrama SIPOC.

1.4.2.2 Medir las causantes principales que están afectando el proceso de recolección de residuos mediante un diagrama de Pareto

1.4.2.3 Analizar la estructura existente de transporte de recolección con respecto a la demanda actual mediante gráficos estadísticos comparativos (analizar capacidad de las unidades, analizar los costos, el tiempo)

1.4.2.4 Plantear una nueva estructura que se ajuste a lo que se requiere y que reduzca los costos.

1.4.2.5 Controlar los costos y tiempo de los procesos de recolección por medio de indicadores.

1.5. Alcances y limitaciones

1.5.1. Alcances

Utilizando la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) para disminuir los costos en el departamento de servicios durante el segundo semestre de 2024, esta

investigación tiene como objetivo reorganizar el servicio de recolección de residuos en la Municipalidad de Esparza.

Evaluar y registrar la situación actual de las rutas de recolección de residuos en las distintas áreas del cantón utilizando un diagrama SIPOC. Esto facilitará un entendimiento completo del proceso que va desde la recepción de los residuos hasta su disposición final.

Con un diagrama de Pareto, encontrar y medir las principales causas que influyen en el proceso de recolección de residuos. Esto facilitará la concentración en los factores más importantes que contribuyen a la ineficiencia y a los altos costos.

Utilizar los gráficos estadísticos comparativos para examinar la estructura del transporte de recolección actual en relación con la demanda actual. Se analizarán los costos operativos, el tiempo necesario para la recolección y la capacidad de las unidades para encontrar brechas y oportunidades de mejora.

Crear y proponer una estructura de rutas de recolección renovada que se adapte mejor a las demandas del cantón y que permita una disminución significativa de los costos operativos.

Para monitorear los costos y los tiempos de los procesos de recolección y garantizar la sostenibilidad de las mejoras implementadas, establecer un sistema de control mediante indicadores.

1.5.2. Limitaciones

Un análisis adecuado y la elaboración de recomendaciones efectivas serían difíciles debido a que los datos históricos sobre las rutas de recolección, los costos operativos y la capacidad de los camiones podrían no ser adecuados o estar desactualizados.

Ante ello, se pueden mencionar algunas limitaciones a las cuales se puede enfrentar el presente estudio:

La resistencia del personal al cambio:

Debido a la implementación de nuevas rutas y procesos, los trabajadores del departamento de servicios podrían mostrar resistencia al cambio. Esto se podría ver reflejado debido a que dicho departamento cuenta con colaboradores que por “su costumbre” a través de los años realizan la misma rutina y las mismas tareas, siendo esta práctica muy común o frecuente, sin embargo, la apertura de nuevas rutas y estrategias de trabajo van a incidir en el posible rendimiento de los funcionarios. Por tanto, se aclara que la resistencia al cambio puede incidir en la eficacia del proyecto y retrasar la implementación de las mejoras propuestas.

Restricciones presupuestarias.

Según la Real Academia española el término “restricción” es la acción y efecto de restringir, que significa reducir a menores límites; y el término “presupuesto” corresponde al cálculo anticipado de los gastos e ingresos previstos para un período de tiempo, o del coste de algo, como una obra o un servicio, por tanto: si unimos ambos términos la restricción presupuestaria sería la reducción a menor límite de los posibles costos, gastos e ingresos en que podría incurrir una empresa. Así las cosas, y respecto al presente estudio, las restricciones presupuestarias a las que podría enfrentarse el departamento de servicios pueden llegar a impedir la aplicación integral de las recomendaciones como: la adquisición de nuevos vehículos o tecnologías que mejoren el proceso de recolección, podrían limitar el presente proyecto.

Por otra parte, a pesar de los esfuerzos de optimización, la eficiencia de las rutas optimizadas puede verse afectada negativamente por factores externos como: las fluctuaciones

en los precios del combustible, los problemas en la infraestructura vial o las condiciones climáticas adversas.

Ergo, la duración del proyecto, limitada al segundo semestre de 2024, podría no ser adecuada para poner en práctica todas las mejoras propuestas y evaluar su efectividad. La capacidad de realizar ajustes adicionales si fuera necesario podría verse limitada por esto.

Carecimiento de personal capacitado y/o de recursos.

La efectividad de las soluciones propuestas y la profundidad del análisis podrían verse limitadas por la falta de personal capacitado o de recursos técnicos avanzados para poner en práctica herramientas de análisis y control.

Si no se logra una coordinación adecuada, el proyecto podría verse afectado (retraso) o ser más difícil de llevar a cabo, por lo que es necesario colaborar con otros departamentos de la municipalidad, tales como: el departamento financiero o el de recursos humanos.

CAPÍTULO II:
MARCO TEÓRICO

CAPITULO II MARCO TEORICO

En el marco conceptual general de este proyecto se integran teorías, conceptos y conocimientos fundamentales de varias fuentes calificadas en el campo de la ingeniería industrial. El marco conceptual no solo sustenta la propuesta teóricamente, sino que también coloca el asunto en el contexto más amplio de la disciplina, lo que permite un análisis exhaustivo y fundamentado.

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

2.1.1. Administración industrial

La administración es el proceso de coordinación de recursos para obtenerla máxima productividad, calidad, eficacia, eficiencia y competitividad en el logro de los objetivos de una organización. (Münch, 2018, p.11)

La administración industrial como disciplina surgió a principios del siglo XX junto con la ingeniería industrial, y la última agrupa una serie de conocimientos cuya finalidad es la optimización de recursos. Ambas disciplinas están íntimamente ligadas, se interrelacionan y han intercambiado valiosas técnicas. (Münch, 2018, p.13)

Al brindar un marco para maximizar la eficiencia y la calidad en múltiples operaciones, la administración, como proceso de coordinación de recursos, se entrelaza con la ingeniería industrial. Para incrementar la competitividad y la productividad en diversas situaciones, ambas disciplinas han desarrollado juntas herramientas fundamentales. Para garantizar que los recursos se utilicen de manera óptima y fomentar la sostenibilidad y la excelencia en cualquier actividad que se lleve a cabo, este enfoque integral es fundamental.

2.1.2. Operación industrial

La operación industrial se refiere al conjunto de actividades y procesos que se llevan a cabo en una empresa para producir bienes o servicios de manera eficiente y rentable. Involucra la planificación, control y optimización de recursos, así como la gestión de la cadena de suministro, con el objetivo de garantizar la calidad, productividad y satisfacción del cliente (Münch, 2018, p. 203).

Al centrarse en la rentabilidad y la eficiencia, la operación industrial destaca la necesidad de una administración minuciosa de los procesos y los recursos. Este método no solo tiene como objetivo maximizar cada fase de la producción, sino también garantizar que la satisfacción del cliente y los estándares de calidad se mantengan elevados. La complejidad y relevancia de esta disciplina en el mundo empresarial actual se ve reflejada en el hecho de que la planificación y el control son esenciales para lograr un equilibrio entre sostenibilidad y productividad.

2.1.3. Sostenibilidad industrial

A menudo, la sostenibilidad se asocia con la responsabilidad social corporativa. El término sostenibilidad se refiere a satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Muchas personas que escuchan sobre la sostenibilidad por primera vez piensan en productos ecológicos o “verdes”: reciclaje, calentamiento global y salvar bosques. Sin duda eso forma parte de ella, pero no es lo único. La verdadera sostenibilidad implica pensar no sólo acerca de los recursos ambientales, sino también sobre los empleados, clientes, la comunidad y la reputación de la empresa. Existen tres conceptos que pueden ser útiles cuando los administradores toman decisiones para la sostenibilidad: visión sistémica, bienes comunes, triple resultado. Visión sistémica Los administradores pueden encontrar que sus decisiones en materia de

sostenibilidad mejoran cuando adoptan una visión sistémica. Esto significa considerar la vida de un producto desde su diseño hasta su eliminación, incluyendo todos los recursos necesarios (Render, Heizer, 2014, p.189).

Más allá de su conexión inmediata con lo ecológico, la sostenibilidad es un enfoque integral que incluye tanto aspectos económicos como sociales y ambientales. La importancia de evaluar cada decisión en su totalidad, desde la concepción del producto hasta su impacto final, se destaca al considerar una visión sistémica. Los administradores pueden tomar decisiones más informadas y responsables gracias a este enfoque integral, lo que garantiza no solo la viabilidad actual de sus operaciones, sino también el bienestar a largo plazo de todos los involucrados.

2.1.4. Proceso industrial

El proceso se ejecuta para descubrir, analizar y describir funciones y capacidades del producto a desarrollar, respetando los objetivos del negocio y las restricciones organizacionales, de usuarios, legales, de seguridad, ergonómicas, de procesos y operacionales, de mantenimiento, de diseño y de calidad (Rivera, Hernández, 2015, p.10)

Desde las limitaciones legales y operativas hasta las necesidades del negocio, se consideran cuidadosamente varios factores durante el proceso de creación de un producto. El producto final se ajusta a las expectativas y necesidades de los usuarios y cumple con los objetivos de la empresa gracias a este enfoque multidimensional. La sostenibilidad, la funcionalidad y la calidad se equilibran al abordar estas múltiples limitaciones; esto es esencial para el éxito a largo plazo de cualquier empresa.

2.1.5. Metodología DMAIC

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar. Este es un esquema sencillo, pero eficaz para hacer mejoras de procesos o reducción de desperdicios, tanto en

materiales, como en tiempo y otros insumos. Esta metodología no es un proyecto del tipo de formulación y evaluación de proyectos, donde se hacen estudios y se analizan inversiones para determinar el retorno del capital, ni se hacen análisis socioeconómicos relacionados con el impacto en la sociedad de los mismos (Álvarez et.al, 2019, p.172)

Enfocado en la detección y eliminación de ineficiencias en los procesos, la metodología DMAIC ofrece un enfoque estructurado y práctico para la mejora continua. DMAIC se centra en la optimización operativa, lo que permite a las organizaciones abordar con rapidez y precisión problemas particulares, a diferencia de otras perspectivas más amplias como la evaluación de proyectos. En ambientes donde la reducción de desperdicios y la eficiencia son esenciales para mantener la calidad y la competitividad, este enfoque es particularmente útil.

2.1.6. Gestión de Residuos Sólidos

La gestión de los residuos urbanos constituye un servicio público asignado a las municipalidades desde sus orígenes. Con la Ley de Gestión Integral de Residuos gracias a una reformulación del concepto de “residuo”, y del modelo predominante en todas ellas (recolección sin separación, acarreo a un relleno sanitario y enterramiento como la única forma posible de disposición final), cuyas reformulaciones están agotadas sociológica y políticamente. El concepto de residuo que se emplea en la Ley No. 8839/10 es tan amplio que el servicio municipal exigible a partir de ella presenta límites imprecisos, por ejemplo: al incorporar los residuos líquidos y gaseosos. El servicio municipal cuenta con los instrumentos que tiene a su disposición, pues la LGIR no trata la especificidad (técnica, ambiental, económica) que presenta el residuo de acuerdo a su naturaleza líquida o gaseosa (Cuadra, 2012, p.86).

Las municipalidades siempre han sido responsables de la gestión de los residuos urbanos, pero con el desarrollo de las regulaciones, esta función se ha complicado. El concepto de residuo se amplía con la Ley de Gestión Integral de Residuos, la cual desafía los modelos convencionales de manejo y obliga a las municipalidades a adaptarse a nuevas demandas. Para garantizar que la gestión de residuos se lleve a cabo de manera sostenible y eficiente, se requiere una revisión tanto técnica como operativa de las estrategias sociopolíticas.

2.1.7. Análisis de Capacidad de residuos

El análisis de capacidad de residuos es una herramienta fundamental para evaluar la capacidad de un sistema o infraestructura para gestionar de manera adecuada los residuos generados. Permite identificar posibles limitaciones y tomar decisiones informadas para garantizar una gestión eficiente y sostenible de los residuos.

En este caso la capacidad normal de estos vehículos oscila entre 6 y 25 metros cúbicos, es decir de 2 a 13 toneladas de residuos, esto son vehículos especiales que van equipados con elevadores tipo "ampiroll", "cadenas", etc., para poder levantar y depositar los grandes contenedores sobre el chasis del camión para su transporte al centro de tratamiento Rondón (Rondón et. el, 2016, p.54).

Para garantizar que la infraestructura disponible pueda manejar de manera efectiva la cantidad de residuos producidos, es fundamental realizar un análisis de capacidad de residuos. En este método se pueden encontrar limitaciones operativas y optimizar los recursos para una administración más sostenible. Un ejemplo de cómo la infraestructura debe adaptarse a las necesidades crecientes es la capacidad de los vehículos especializados, equipados con tecnología adecuada para manejar grandes contenedores; esto garantiza un transporte y tratamiento de residuos que cumpla con los estándares de eficiencia y seguridad.

2.1.8. Optimización de Rutas de manejo residuos

Respecto a este tema la ruta prevista debe considerar un llenado completo de la capacidad del camión recolector. Para alcanzar estos objetivos, a partir de un plano de la ciudad, se determinan áreas en lo posible homogéneas según tamaño físico y densidad poblacional, cuyas características permitan el acceso y la operación de los vehículos. En cada área se determina el número de viajes considerando el tiempo que demora el camión en acceder a la ruta de recolección, a la zona de transferencia, a la disposición final y la demora en la recolección teniendo en cuenta las condiciones específicas de la ruta: tráfico, ancho de las calles, pendiente, etc. El área de recolección debe ser ajustada para completar la capacidad total del camión recolector (Rondón et. el, 2016, p.62-63).

Para maximizar la capacidad operativa de los camiones recolectores, es fundamental la planificación eficaz de rutas. Se logra un uso óptimo de los recursos disponibles al tener en cuenta factores como la densidad poblacional, el tamaño de las zonas y las condiciones particulares de las rutas. La optimización de la eficiencia del proceso, la reducción de los tiempos de operación y la optimización del uso de combustible y otros recursos, así como la determinación precisa del número de viajes y la adecuación de las áreas de recolección, permiten completar la capacidad total de los camiones.

2.1.9. Indicadores de Desempeño (KPIs)

Según Campo et. al (2013)

Los Key Performance Indicators (KPI), o Indicadores Clave de Rendimiento, se emplean para obtener una valoración sobre la marcha del almacén en cuanto al cumplimiento de los objetivos. Los KPI se fijan en función de la actividad del

almacén y de lo que se quiere conseguir, siempre con la idea de establecer un análisis de factores cuantificables (p. 187).

El desempeño de un almacén o cualquier otro proceso se puede medir de manera cuantificable con los KPI, que son herramientas esenciales en la gestión operativa. Se facilita un seguimiento preciso de la efectividad y la eficiencia en la operación al establecer KPI alineados con los objetivos específicos. Este método no solo brinda una base sólida para la toma de decisiones informadas, lo cual es fundamental para alcanzar y mantener un alto nivel de rendimiento, sino que también ayuda a identificar áreas de mejora.

2.1.10. Análisis Costo-Beneficio

Según Koontz, Weihrich, (2013)

Una mejora en el análisis marginal tradicional o una variación de éste es el análisis del costo-beneficio, el cual pretende encontrar la mejor proporción entre los beneficios y los costos; por ejemplo, encontrar la manera menos costosa de alcanzar un objetivo o conseguir el mayor valor por ciertos gastos (p. 209).

El análisis costo-beneficio es una extensión valiosa del análisis marginal tradicional porque permite a los tomadores de decisiones evaluar la relación ideal entre costos y beneficios. Este método es fundamental para determinar la manera más efectiva de lograr los objetivos establecidos, asegurándose de que los recursos se utilicen de manera que maximicen el valor obtenido. En cualquier situación en la que la optimización de recursos sea una prioridad, es esencial tener la habilidad de equilibrar costos y beneficios de manera precisa.

2.1.10. Análisis SIPOC

Según Álvarez et al. (2019), "El mapeo SIPOC es un modelo para darnos una idea general de todo el proceso de valor y es una gran ayuda para empezar el plan de documentar los procesos ya que a veces se pierde tiempo en situaciones que no generan valor al producto o servicio final" (p. 55).

Para brindar una visión general del proceso de recolección de residuos en el cantón de Esparza, se utilizará el análisis SIPOC (Proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes), que identificará a los proveedores, entradas, procesos y salidas. Para establecer una base para el proceso y sus interacciones, esta herramienta es esencial.

- **Suppliers (Proveedores):** Proveedores de servicios de recolección y empresas encargadas de la disposición final de residuos.
- **Inputs (Entradas):** Residuos sólidos ordinarios y valorizables, información de rutas, recursos logísticos.
- **Process (Proceso):** Recolección de residuos, clasificación, transporte, disposición final.
- **Outputs (Salidas):** Residuos clasificados y transportados, reportes de eficiencia operativa.
- **Customers (Clientes):** Ciudadanos del cantón de Esparza, entidades de reciclaje, autoridades municipales.

El análisis SIPOC destaca las interacciones y dependencias críticas que deben optimizarse para aumentar la eficiencia operativa y la satisfacción ciudadana, lo que permite una comprensión completa del proceso desde la recolección hasta la disposición final.

2.2. MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTION DEL PROYECTO

El desarrollo exitoso de la propuesta depende de las distintas fases de gestión del proyecto, que se abordan en este apartado. En este proyecto se utiliza la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), una estructura bien establecida en la ingeniería industrial que se utiliza para mejorar continuamente los procesos. Para establecer objetivos concretos, medibles, alcanzables, pertinentes y temporales, se integran conceptos de gestión de proyectos basados en el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) y la metodología SMART.

2.2.1. Metodología SMART

Se trata de un acrónimo para explicar el paso a paso de la hoja de ruta para la definición de objetivos. SMART significa: Specific (Específico), Measurable (Medible), attainable (alcanzable), Relevant (relevante) y time bound (temporal). El proceso de definición de objetivos implica enumerar los ejes estratégicos de impacto en el PDI que tendrán relación con los objetivos del área e individuales, enunciarlos de acuerdo con la metodología SMART y consensuar a través de un encuentro presencial con los superiores el alcance de los mismos (Fische et.al, 2018 p.7-8)

Para garantizar que los objetivos sean precisos, medibles, alcanzables, pertinentes y limitados en el tiempo, la metodología SMART ofrece un marco estructurado y claro. Este método fomenta un proceso de planificación más concentrado y efectivo, al permitir una alineación adecuada entre los objetivos estratégicos y los individuales. Además, la metodología mejora la claridad y el compromiso en la consecución de los objetivos organizacionales al promover la colaboración y el consenso entre los equipos.

2.2.2 PMBOK

Es una serie planificada de actividades relacionadas para lograr un objetivo empresarial específico. Los proyectos de sistemas de información incluyen el desarrollo de nuevos sistemas de información, la mejora de los sistemas existentes, o la actualización o sustitución de la infraestructura de tecnología de la información (TI) de la empresa. La gestión de proyectos se refiere a la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para lograr objetivos específicos dentro de un presupuesto y limitaciones de tiempo específicos. Las actividades de gestión de proyectos incluyen la planificación del trabajo, la evaluación del riesgo, la estimación de los recursos necesarios para realizar el trabajo (Laudon, Laudon, 2022, p. 569).

Para asegurar que las tareas relacionadas con la mejora o el desarrollo de sistemas de información se lleven a cabo de manera efectiva y dentro de los límites establecidos, es fundamental la gestión de proyectos. La asignación y la planificación adecuadas de recursos, así como la reducción de riesgos potenciales, son posibles con este enfoque estructurado. Se garantiza que los objetivos comerciales sean alcanzados de manera efectiva, optimizando tanto el tiempo como los costos, al aplicar técnicas y conocimientos particulares.

2.2.3. Modelo de Gestión de Riesgo

Según PMBOK, el Riesgo de un proyecto es un evento o condición incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo y la calidad. Un riesgo puede tener una o más causas y, si se produce, uno o más impactos (Tayo, Leidy, 2017, p.20).

En la gestión de proyectos, según lo define PMBOK, el riesgo es una incertidumbre que puede influir en los resultados previstos de varias maneras. La importancia de reconocer y evaluar tanto las causas potenciales como los efectos que podrían resultar de la

materialización del riesgo se destaca en este concepto. Para garantizar que los proyectos cumplan con los objetivos establecidos en términos de alcance, cronograma, costos o calidad, es fundamental gestionar estos riesgos de manera efectiva.

2.2.3.1. Gestión del Riesgo

Se define gestión del riesgo como las Actividades coordinadas para dirigir y controlar una empresa en relación con el riesgo. En proyectos, el riesgo tiene su origen en la incertidumbre, que está presente en todos los proyectos. Los Riesgos que pueden ser identificados representan riesgos potenciales que de manera anticipada se prevén y que en caso de manifestarse pueden tener un efecto perjudicial en el desarrollo del proyecto, y para los cuales se puede estar preparado a través de un plan de respuesta (Tayo, Leidy, 2017, p.21).

Dado que en cualquier iniciativa existe incertidumbre, la gestión del riesgo es un componente esencial de la dirección de proyectos. Con anticipación, reconocer amenazas potenciales permite crear estrategias de respuesta que disminuyan su impacto, además de reconocerlas. La empresa está mejor preparada para enfrentar desafíos imprevistos, lo que protege el progreso y el éxito del proyecto, gracias a este enfoque proactivo en la gestión del riesgo.

2.2.3.2 Modelos de Gestión de Riesgos

Actualmente se utilizan una serie de modelos para realizar un proceso lógico y sistemático que puede ser utilizado cuando se toman decisiones para mejorar la efectividad y eficiencia de las empresas. Los modelos permiten identificar y estar preparados para lo que puede suceder, se trata de tomar acciones destinadas a eludir y reducir la exposición a los

costos u otros efectos de aquellos eventos que ocurran, en lugar de reaccionar después de que un evento ya ha ocurrido e incurrir en los costos que implican recuperar una situación. En este caso el modelo seleccionado es el PMBOK (Tayo, Leidy, 2017, p.22).

Para mitigar y anticipar riesgos potenciales, los modelos ofrecen un marco sistemático y lógico en la toma de decisiones empresariales. Las organizaciones pueden estar mejor preparadas para enfrentar situaciones adversas, reduciendo la exposición a costos y otros efectos negativos, gracias a estos modelos, como el PMBOK. Las compañías pueden aumentar significativamente su eficacia y eficiencia al actuar de manera proactiva en lugar de reactiva, asegurando una administración más estratégica y controlada de los desafíos que puedan surgir.

2.2.3.2.1. Planificar la Gestión de Riesgos

Este proceso define el cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto y asegura que el nivel, el tipo y la visibilidad de la gestión de riesgos son acordes tanto con los riesgos como con la importancia del proyecto para la organización. El plan de gestión de los riesgos es vital para comunicarse y obtener el acuerdo y el apoyo de todos los interesados a fin de asegurar que el proceso de gestión de riesgos sea respaldado y llevado a cabo de manera eficaz a lo largo del ciclo de vida del proyecto (Tayo, Leidy, 2017, p.24).

Para ajustar las expectativas y garantizar el compromiso de todos los involucrados en un proyecto, es fundamental el proceso de planificación de la gestión de riesgos. Se garantiza que las actividades de gestión sean proporcionales a la importancia y la magnitud del proyecto al establecer cómo se abordarán los riesgos. Además de mejorar la transparencia y la comunicación, este método facilita la aplicación efectiva de las estrategias de mitigación,

lo que garantiza que el proyecto se lleve a cabo con un control adecuado a lo largo de su ciclo de vida.

2.2.3.2.2. Identificar los Riesgos

En este proceso se determinan los riesgos que pueden afectar al proyecto y se documentan sus características, el beneficio que genera el proceso es la documentación de los riesgos existentes y el conocimiento y la capacidad que confiere al equipo del proyecto para anticipar eventos. Los participantes en las actividades de identificación de riesgos pueden incluir: el director del proyecto, los miembros del equipo del proyecto, el equipo de gestión de riesgos (si está asignado), clientes, expertos en la materia externos al equipo del proyecto, usuarios finales, otros directores de proyecto, interesados y expertos en gestión de riesgos. (Tayo, Leidy, 2017, p.25).

Para ajustar las expectativas y garantizar el compromiso de todos los involucrados en un proyecto, es fundamental el proceso de planificación de la gestión de riesgos. Se garantiza que las actividades de gestión sean proporcionales a la importancia y la magnitud del proyecto al establecer cómo se abordarán los riesgos. Además de mejorar la transparencia y la comunicación, este método facilita la aplicación efectiva de las estrategias de mitigación, lo que garantiza que el proyecto se lleve a cabo con un control adecuado a lo largo de su ciclo de vida.

2.2.3.2.3. Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos

Este proceso consiste en priorizar los riesgos para el análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos. El beneficio clave del proceso es que permite a los directores de proyecto reducir el nivel de incertidumbre y concentrarse en los riesgos de alta prioridad. El análisis cualitativo de riesgos se aplica a la lista de los riesgos creados o actualizados en el proceso de identificar los riesgos.

Los riesgos que se evalúan como de alta prioridad serán un foco importante en el proceso Planificar la Respuesta de Riesgos. (Tayo, Leidy, 2017, p.26).

Una herramienta fundamental para manejar la incertidumbre en los proyectos es el análisis cualitativo de riesgos, ya que permite priorizar aquellos riesgos que requieren una atención inmediata. Los directores de proyecto pueden concentrar sus esfuerzos en los riesgos más importantes, asegurando que los recursos se distribuyan de manera efectiva al evaluar tanto la probabilidad de ocurrencia como el impacto potencial. La habilidad del equipo para abordar de manera efectiva los desafíos más importantes y la gestión de riesgos se mejora con esta priorización.

2.2.3.2.4. Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos

En este proceso se analizan numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto, se genera información cuantitativa sobre los riesgos para apoyar la toma de decisiones a fin de reducir la incertidumbre del proyecto. El proceso realizar el análisis cuantitativo de riesgos se aplica a los riesgos priorizados mediante el proceso anterior de análisis cualitativo de riesgos. El proceso realizar el análisis cuantitativo de riesgos analiza el efecto de dichos riesgos sobre los objetivos del proyecto. Se utiliza fundamentalmente para evaluar el efecto acumulativo de todos los riesgos que afectan el proyecto (Tayo, Leidy, 2017, p.27).

Para evaluar cómo los peligros identificados pueden afectar los objetivos de un proyecto, el análisis cuantitativo de riesgos proporciona un método numérico y detallado. Este proceso ayuda a disminuir la incertidumbre y permite a los tomadores de decisiones crear estrategias más informadas al brindar información cuantitativa. Este análisis permite una evaluación del impacto acumulativo de todos los riesgos, lo cual es fundamental para

mantener el proyecto enfocado en el logro de sus objetivos, ya que se centra en los riesgos previamente priorizados.

2.2.3.2.5. Planificar la Respuesta a los Riesgos

Mediante este proceso se desarrollan las opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto. Se abordan los riesgos en función de su prioridad, introduciendo recursos y actividades en el presupuesto, el cronograma y el plan para la dirección del proyecto, según las necesidades. Las estrategias para dar respuesta a los riesgos identificados de acuerdo al resultado de la evaluación, son evitar, transferir, mitigar o aceptar si se trata de riesgos negativos o amenazas y explotar, mejorar, compartir y aceptar cuando se trate de riesgos positivos u oportunidades. (Tayo, Leidy, 2017, p.28).

Es esencial crear estrategias para la gestión de riesgos para asegurar que un proyecto progrese de manera controlada hacia sus metas. Para abordar los peligros con un enfoque basado en la prioridad, este procedimiento garantiza que se asignen los recursos adecuados en el cronograma y el presupuesto. Una flexibilidad fundamental en la gestión de proyectos, adaptando las acciones a la naturaleza de cada riesgo, es posible gracias a la habilidad de elegir entre estrategias como evitar, transferir, mitigar o aceptar amenazas, así como explotar, mejorar, compartir o aceptar oportunidades.

2.2.3.2.6. Controlar los Riesgos

El último proceso está orientado a implementar los planes de respuesta a los riesgos, dar seguimiento a los riesgos identificados, monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a través del proyecto. El beneficio de controlar los riesgos mejora la eficiencia del enfoque de la gestión

de riesgos a lo largo del ciclo de vida del proyecto para optimizar de manera continua las respuestas a los riesgos. (Tayo, Leidy, 2017, p.28).

Para garantizar que las respuestas planificadas sean efectivas y se adapten a medida que avanza el proyecto, el proceso de control de riesgos es fundamental. Una administración adaptable y dinámica es posible al monitorear tanto los peligros que se han identificado como los que pueden surgir. Además de mejorar la eficacia en la gestión de riesgos, este enfoque continuo mejora la habilidad del equipo para enfrentar desafíos imprevistos, lo que garantiza que el proyecto continúe avanzando hacia el éxito.

2.2.4. Diagrama de Procesos

El diagrama de flujo de procesos, según Álvarez et al. (2019)

Es un esquema que incluye elementos relacionados con la productividad, los tiempos y las distancias de los procesos productivos de un departamento o área. La secuencia de producción y las distancias que deben recorrerse se describen claramente en el diagrama. Por lo tanto, este diagrama no es estándar; se ha creado especialmente para cada empresa. Los datos del encabezado, que incluyen el nombre del proceso, el departamento o área, quién lo llevó a cabo, quién lo aprobó y quién lo autorizó para su uso final, sí deben tener (p. 45).

La creación de un diagrama de procesos es fundamental para la gestión eficaz de un proyecto, ya que permite representar cada una de las etapas involucradas en la producción de manera clara y organizada. Este diagrama no solo facilita la identificación de cuellos de botella y áreas de mejora, sino que también ayuda a optimizar los tiempos y las distancias que deben recorrerse durante el proceso. Se garantiza que las particularidades de cada proceso productivo se representen adecuadamente al personalizar el diagrama para cada empresa; esto es fundamental para maximizar la eficiencia y productividad del proyecto.

2.2.5. Diagrama de Recorrido

Es un procedimiento de prueba y error que busca reducir al mínimo posible los flujos no adyacentes colocando en la posición central a los departamentos más activos. Se desarrolla una carta o diagrama de recorrido (travel chart) para mostrar el número de movimientos efectuados entre departamentos y así identificar los departamentos más activos. La solución se logra por medio de una serie de pruebas usando círculos para denotar los departamentos y líneas conectoras para representar las cargas transportadas en un periodo. Se llaman departamentos adyacentes aquellos que en la distribución hayan quedado juntos, arriba, abajo, a los lados o en forma diagonal (Baca, 2016, pp.123-124).

Como permite reducir los flujos ineficientes dentro de una operación y maximizar la disposición de los departamentos, este diagrama es esencial en la gestión de proyectos. Un diagrama de recorrido permite identificar rápidamente las áreas de mayor actividad y modificar la distribución física de los departamentos con el fin de disminuir los tiempos de transporte y las distancias. Este método mejora la eficacia operativa al asegurar que los recursos se muevan de manera más ordenada y fluida; esto es particularmente importante en proyectos donde la coordinación entre diversas áreas es fundamental para el éxito general del proceso.

2.2.6. Hoja de Registro

Las hojas de registro son “formatos preimpresos en los cuales aparecen los principales datos sobre la calidad de un producto que se van a registrar, de manera que se recojan fácil y concisamente”, a saber: el nombre del producto, la sección que lo produjo, las fallas más frecuentes, el periodo que abarca y el volumen de producción. Es muy importante que se comparen periodos iguales y se observe si varían los volúmenes de producción (Hernández y Rodríguez, 2011, p.331).

El uso de hojas de registro es esencial en la gestión de proyectos, ya que permiten documentar de manera sistemática y precisa la calidad y otros aspectos clave del proceso de producción. Estas hojas facilitan la comparación de datos entre diferentes periodos, lo que es crucial para identificar tendencias, detectar problemas recurrentes y evaluar el rendimiento de la producción. Al disponer de un registro claro y detallado, es posible tomar decisiones informadas y realizar ajustes en tiempo real para mejorar la calidad y eficiencia del proyecto. Esta herramienta es particularmente valiosa en entornos donde la consistencia y el control de calidad son prioritarios.

2.2.7. Sistemas de Monitoreo Continuo

Según Gutiérrez y Vara (2013)

Los monitoreos pueden realizarse sobre entradas claves del proceso, así como sobre variables de salida crítica. Recordemos que, por excelencia, las herramientas para analizar y monitorear el desempeño de un proceso son las cartas de control, pero debe asegurarse una elección y operación adecuada. Se debe tener cuidado especial de no confundir los conceptos de capacidad y estabilidad (p. 198).

Para asegurar el desempeño ideal de un proyecto, es esencial emplear sistemas de monitoreo continuo. Estos sistemas posibilitan un seguimiento continuo de las variables críticas de salida y de las entradas clave, lo que garantiza que el proceso se mantenga dentro de los parámetros deseados. En este sentido, las cartas de control son herramientas cruciales, ya que brindan una manera organizada de evaluar el rendimiento y detectar cualquier anomalía. Para evitar confusiones entre conceptos como estabilidad y capacidad, lo cual podría afectar la eficacia del monitoreo, es fundamental elegir y utilizar estas herramientas de manera adecuada. Para mantener la calidad y la consistencia del proyecto a lo largo del tiempo, este enfoque sistemático es fundamental.

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

2.3.1. Mejora de la Eficiencia Operativa

La eficiencia operativa consiste en la realizar las tareas de una mejor forma que la competencia, por lo que no puede restringirse a ser solo eficaz como empresa, sino que también debe ser capaz de hacer uso de los recursos de 38 manera óptima. En contraste, se produce una orientación que está incierto, y se denomina como el de buscar el posicionamiento estratégico, que significa realizar actividades diferentes comparativas a la de su competencia o imitarlas, pero mejorándolas (Azabache, 2016, p. 37-38).

La eficiencia operativa no se limita a cumplir con los objetivos empresariales; implica utilizar los recursos de manera más eficiente que la competencia. La diferenciación estratégica y la eficacia son los objetivos de este enfoque. Una empresa puede posicionarse de manera más competitiva en el mercado, destacando tanto por su eficiencia como por su capacidad de innovación, al realizar actividades de manera distinta o mejorar las prácticas existentes.

2.3.2. Reducción de Costos

Cuando se manejan un margen de utilidades con unos ingresos constantes (ventas de difícil incremento o precios fijados por la competencia) la única alternativa viable es disminuir los costos, para mejorar la rentabilidad económica, hacia la búsqueda de un apalancamiento financiero positivo y un incremento en la rentabilidad financiera. La reducción de costos también es una salida para las empresas industriales, que siempre tienen altos niveles de activos, es decir, deben controlar sus costos para contrarrestar la baja rotación de activos y obtener una rentabilidad económica más elevada (Morillo, 2001, p 39).

La reducción de costos es una estrategia fundamental para mejorar la rentabilidad económica en circunstancias en las que los ingresos permanecen constantes y es difícil aumentar las ventas. Para compensar la baja rotación de activos y maximizar la rentabilidad financiera, el control de costos es particularmente importante en compañías industriales con grandes cantidades de activos. La gestión de costos efectiva fortalece la sostenibilidad económica de la empresa a largo plazo; además, mejora el apalancamiento financiero.

2.3.3. Satisfacción Ciudadana

Es donde la ciudadanía puede también discernir con mayor efectividad si sus gobiernos locales están satisfaciendo sus expectativas. Si los individuos están satisfechos con el desempeño de los funcionarios locales, ellos podrían expresar mayor apoyo al sistema. Sin embargo, si las instituciones locales son incapaces de satisfacer sus demandas, los ciudadanos podrían expresar su descontento no solamente con los gobiernos locales, sino también manifestar una creciente insatisfacción con la democracia nacional (Montalvo, 2009, p.1).

Un indicador fundamental de la satisfacción general de los ciudadanos con las instituciones democráticas es su percepción sobre el desempeño de los gobiernos locales. El apoyo al sistema y la confianza en la gobernabilidad se fortalecen cuando los gobiernos locales responden eficazmente a las expectativas de la comunidad. Por el contrario, la falta de capacidad para satisfacer las demandas ciudadanas puede provocar una insatisfacción que va más allá de la zona y afecta la percepción de la democracia a nivel nacional. La importancia de una gestión pública efectiva y cercana a las demandas de la población se destaca con esta dinámica.

2.3.4. Sostenibilidad Ambiental

La sostenibilidad, o más concretamente, el desarrollo sostenible se ha consolidado como una preocupación global de importancia, centrada en cuestiones como la recolección,

utilización y renovación de recursos naturales y de otro tipo, los efectos de la liberación de residuos y contaminantes en el medio ambiente y la distribución de Riqueza en diferentes partes del mundo y entre generaciones (Severiche et.al, 2016, citado por Sierra et.al, 2017, p.477).

Durante mucho tiempo se ha argumentado que este concepto constituye un desafío para todas las empresas, incluyendo el turismo y la hospitalidad, pero en este último al menos, la aplicación de iniciativas y soluciones pertinentes ha demostrado para ser parcial y dolorosamente lento (Melissen et.al, 2016 citado por Sierra et.al, 2017, p.477).

El concepto de sostenibilidad, especialmente en su enfoque de desarrollo sostenible, ha ganado relevancia global, abordando temas cruciales como el manejo de recursos naturales y la mitigación de impactos ambientales. A pesar de su importancia, la implementación de prácticas sostenibles en sectores como el turismo y la hospitalidad ha sido lenta y limitada. Este desafío subraya la necesidad de un compromiso más sólido y urgente por parte de las empresas para integrar soluciones sostenibles que no solo protejan el medio ambiente, sino que también promuevan una distribución equitativa de la riqueza a nivel global.

2.3.5. Innovación Tecnológica en la Gestión de Residuos

En la región de América Latina y el Caribe se observa una mayor concienciación de la importancia del buen manejo de los residuos y avances en la cobertura de los servicios de limpieza, recolección y disposición final. Sin embargo, las actividades de reducción, recuperación, reciclaje y aprovechamiento todavía son insuficientes. Además, persisten amplias diferencias entre países y ciudades, lo que perjudica especialmente a la población pobre (ONU-HABITAT, 2012 citado por Graziani, 2018, p15)

La escasez de recursos financieros, humanos y tecnológicos son un obstáculo frecuente para la buena gestión de los residuos y la implementación de tecnologías

innovadoras. No obstante, se puede mejorar notablemente y contribuir a ciudades más limpias, saludables y sostenibles ambientalmente con una mayor planificación y con estrategias encaminadas a cubrir todos los aspectos del ciclo de los residuos (ONU-HABITAT, 2012, citado por Graziani, 2018, p.15)

La reducción, el reciclaje y el aprovechamiento de los residuos siguen siendo importantes desafíos en América Latina y el Caribe, a pesar de los avances en la gestión de los residuos y la cobertura de los servicios de limpieza. La necesidad urgente de mejorar la equidad en estos servicios, en particular en las comunidades más vulnerables, se refleja en las diferencias entre países y ciudades. La implementación de soluciones más innovadoras está limitada por la falta de recursos tecnológicos, humanos y financieros. No obstante, la gestión de los residuos podría cambiar significativamente con una mayor planificación y estrategias integrales, contribuyendo a la creación de ciudades más sostenibles y limpias.

2.3.6. Mejora Continua de Procesos

La mejora continua comprende tanto una filosofía como un sistema destinado a mejorar día a día el quehacer en materia: de niveles de calidad, productividad, costos, niveles de satisfacción, niveles de seguridad, tiempos totales de los diversos ciclos, tiempos de respuesta y grado de fiabilidad de los procesos.

La mejora continua es un proceso basado en el trabajo en equipo y orientado a la acción, que promulga que el camino de mejora hacia la perfección es propiedad y debe ser conducido por todos los individuos de la organización (Kaizen, 1986). Implica, tanto la implantación de un sistema como el aprendizaje continuo de la organización, el seguimiento de una filosofía de gestión, y la participación activa de todas las personas. Diversas son las definiciones recogidas en la bibliografía consultada:

Deming (1989) refiere que la administración de la calidad total requiere de un proceso constante que será llamado mejoramiento continuo, donde la perfección nunca se logra, pero siempre se busca (Esquivel, et.al, 2017, párr. 11-14).

En todas las áreas de una organización, la mejora continua es un compromiso incesante con el perfeccionamiento, tanto como filosofía como sistema. La perfección es un objetivo inalcanzable pero siempre aspirado, según este enfoque, que se basa en el trabajo en equipo y la acción continua. Todos los miembros de la organización deben involucrarse activamente en este proceso, contribuyendo a una constante educación y desarrollo. Al involucrar a cada individuo en la búsqueda de la excelencia, esta mentalidad no solo fomenta mejoras en calidad, productividad y costos, sino que también fortalece la cultura organizacional.

2.3.7. Gestión de la Calidad del Servicio

La gestión de calidad es un campo maduro de investigación, con un amplio cuerpo de literatura. Por esta razón, el objetivo en este trabajo no es proporcionar una revisión exhaustiva de toda la literatura existente. Nuestro interés principal es la literatura relativa a la implementación de la calidad desde una perspectiva amplia de gestión, por lo que el análisis se ha centrado en dos de los principales temas abordados por la investigación existente en este campo: a) la identificación de los factores o dimensiones que deben ser adecuadamente gestionados para implementar un programa de calidad en una organización; b) el impacto de dicha implantación sobre los resultados de la empresa (Fernández, Piqueres, 2007, p.32-33).

La gestión de calidad es un campo de estudio que cuenta con una extensa historia y una gran cantidad de literatura. La identificación de elementos esenciales para la ejecución de programas de calidad, así como el impacto que estos tienen en los resultados

empresariales, es esencial, según este enfoque, más allá de una revisión completa. Abordar estos temas desde una perspectiva amplia de gestión permite a las empresas no solo implementar estrategias de calidad más efectivas, sino también entender cómo estas prácticas pueden tener un impacto positivo en su desempeño a nivel mundial.

2.3.8. Análisis de Datos y Toma de Decisiones

El análisis de datos integra distintas operaciones en la que el investigador o analista somete ciertos datos, bien sea de orden cuantitativo o cualitativo, a una serie de análisis, lecturas e interpretaciones, según sea el enfoque de su investigación o requerimiento informativo. Este proceso de recolección de datos, con ciertos análisis preliminares, puede dejar entre ver problemas o dificultades que puede desvirtuar el objetivo inicial. De manera que este proceso deberá mantener una planificación y una periodicidad en la revisión de datos permanente (Mamani, 2018, p.30).

Según las necesidades del investigador, el análisis de datos requiere una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos. Este método permite no solo una interpretación efectiva de los datos, sino también la identificación de posibles problemas que podrían afectar el propósito original de la investigación. Para garantizar que la integridad y la precisión se mantengan a lo largo del proceso, la planificación cuidadosa y la revisión continua de los datos son esenciales para un análisis exitoso.

En lo empresarial para la toma de decisiones para el sector real la vinculación de nuevos profesionales a sus contextos organizacionales es una forma de incorporar otras maneras de gestión, planificación, investigación, administración y de mercadeo, sin desconocer las presentes. Sin embargo, es necesario destacar que el mercado tiene expectativas y espera de los nuevos profesionales ideas frescas, transformadoras y con un alto sentido de la innovación. Es por ello que saber leer la realidad del contexto empresarial

es una recomendación y reflexión fruto del trabajo de un seguimiento juicios y detallado de sus formas de organización de la información y del uso que se le da a la misma (Mamani, 2018, p.29).

2.3.9. Optimización de Recursos

La palabra “optimizar” se refiere a la forma de mejorar alguna acción o trabajo realizada, esto nos da a entender que la optimización de recursos es buscar la forma de mejorar el recurso de una empresa para que esta tenga mejores resultados, mayor eficiencia o mejor eficacia (Herrera, 2017, p.40).

Es fundamental que las prácticas de gestión, planificación y mercadeo sean renovadas y mejoradas mediante la incorporación de nuevos profesionales en las organizaciones empresariales. Es fundamental en un mercado que valora la transformación continua que estos profesionales aporten perspectivas frescas e innovadoras. Para cumplir con las expectativas del mercado, sin embargo, es esencial que estos nuevos miembros comprendan y analicen minuciosamente la situación empresarial. Sus contribuciones, que fomentan el desarrollo y la competitividad de la organización, son efectivas y relevantes gracias a esta comprensión profunda.

2.3.10. Competitividad y Responsabilidad Social

Es éste el enfoque que late tras el concepto de responsabilidad social corporativa o, mejor aún, de responsabilidad corporativa o de la empresa (el adjetivo “social” contribuye más a la confusión que a la aclaración). Un concepto sobre cuyo carácter existen todavía no pocas discrepancias, pero que ha ido ganando progresivamente carta de naturaleza al calor de la paulatina centralidad de esa atención integral y equilibrada a los diferentes grupos de interés de la empresa. En ella radica su especificidad: en la convicción de que la empresa por diferentes razones, pero ante todo por su propio interés económico- debe asumir el

compromiso de atender de la mejor forma posible a sus diferentes partes interesadas; de responder adecuadamente a las expectativas que cada una mantiene frente a ella: el compromiso, en definitiva, de aspirar a la mayor calidad posible en las relaciones que la empresa mantiene con cada parte (Vega, 2017, p.13).

En efecto, en un contexto caracterizado por el crecimiento de la relevancia social y de la importancia económica de la empresa (y sobre todo de la gran dimensión), los cambios mencionados han impulsado aceleradamente también los niveles de competencia y el papel de la información y su disponibilidad, así como la capacidad de comunicación y de movilización de la sociedad. Cambios, a su vez, que han revalorizado drásticamente la importancia para la empresa de la confianza que despierta en la sociedad y de la incidencia en ella de la información¹⁴. Una confianza crecientemente condicionada por el mayor poder de escrutinio, de exigencia de transparencia y, en definitiva, de control que ejercen la sociedad, las instituciones públicas y el mercado (Vega, 2017, p.20).

El concepto de responsabilidad corporativa ha evolucionado para reflejar la importancia de atender de manera equilibrada a los diversos grupos de interés de una empresa. Esta idea subraya que, más allá de las obligaciones legales y éticas, las empresas deben comprometerse con la calidad en sus relaciones con todas las partes interesadas, no solo por razones morales, sino también por su propio interés económico. En un entorno donde la transparencia, la comunicación y la confianza son cada vez más valoradas, las empresas deben reconocer que su éxito y sostenibilidad dependen en gran medida de cómo se perciben sus acciones y decisiones en la sociedad.

2.3.11. Análisis de Pareto

Según Gutiérrez (2020)

El diagrama de Pareto (DP) es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son las variables o los datos categóricos. Su objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes. La idea es que, con la aplicación del DP, se pueda delimitar una situación problemática, de tal forma que con un proyecto sea posible alcanzar la mejora más grande con el menor esfuerzo (p. 143).

El análisis de Pareto es una herramienta útil en la administración de proyectos, en particular cuando se trata de identificar y priorizar los problemas esenciales que afectan el desempeño del proceso. El diagrama de Pareto permite a los equipos de proyecto dirigir sus esfuerzos hacia las áreas que ofrecerán el mayor retorno de inversión en términos de mejoras al enfocarse en las causas más importantes de un problema. Para asegurar que las soluciones que se implementen tengan un impacto significativo y duradero en el desempeño general del proyecto, esta metodología es particularmente beneficiosa para maximizar la eficiencia y los recursos.

2.3.12. Gráfico Estadístico

En las distintas áreas del conocimiento cada uno de los eventos o situaciones estudiados están compuestas o se manifiestan en primera estancia como datos, esto si no se posee suficientes herramientas para poder procesar, ordenar y transformarlos en información útil para su análisis. En este punto es donde las representaciones gráficas toman relevancia, ya que son una manera de complementar al lenguaje escrito proporcionando una vía rápida y fácil de interpretar la situación. Tal es el caso de física, química, biología, matemáticas, etcétera. Para el caso específico de la estadística, pretendemos que veas el impacto y la

importancia que tiene el poder contar con representaciones gráficas para interpretar información e incluso para transmitirla a un público con poco o escaso conocimiento del tema. (Jiménez et.al, 2020, p.81).

En la evaluación del impacto de un proyecto, los gráficos estadísticos son herramientas fundamentales porque permiten convertir datos complejos en representaciones visuales que son fáciles de entender y comunicar. Para tomar decisiones estratégicas e informadas, estos gráficos facilitan la comprensión de patrones, tendencias y relaciones presentes en los datos. El uso de gráficos estadísticos en el contexto de un proyecto garantiza que todos los involucrados puedan comprender y evaluar de manera efectiva el impacto del proyecto, ya que permite presentar los resultados de manera clara y accesible, incluso para audiencias con poco conocimiento técnico.

2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

2.4.1 Estado del Arte en la Optimización de Rutas de Recolección de Residuos

2.4.1.1. Investigaciones Recientes

En los últimos diez años, la optimización de las rutas de recolección de residuos, especialmente en relación con la reducción de costos y la eficiencia operativa, ha sido un tema muy relevante. Castro llevó a cabo un estudio en la Municipalidad de Paraíso en Costa Rica en el año 2019 que utilizó SIG para mejorar las rutas de recolección de residuos. Al disminuir las distancias recorridas, este estudio demostró una mejora significativa en la

eficiencia operativa; además, esto resultó en una disminución de los costos y en una mejora en la calidad del servicio (Castro, 2019, p. 45).

Arrieta (2023) presentó un diagnóstico y sugerencias para mejorar el sistema de recolección de residuos sólidos en otro estudio importante realizado en la Municipalidad de Garabito. La investigación demostró que una reconfiguración de las rutas puede mejorar la eficiencia global del servicio y disminuir significativamente los tiempos de recolección mediante el uso de herramientas SIG y GPS (p. 72).

Por último, Leandro (2022) realizó una investigación en Guácimo que se centró en mejorar el sistema de recolección mediante el uso de tecnologías avanzadas y un análisis minucioso de la infraestructura vial. El uso de sensores y SIG en contenedores permitió una aplicación más eficaz de los recursos disponibles y una disminución de los costos operativos (p. 58).

2.4.1.2. Teorías y Prácticas

El Problema del Viajante (TSP) y el Problema de Ruteo de Vehículos (VRP), que han sido modificados para tener en cuenta factores particulares, como la capacidad de los vehículos y las condiciones del tráfico, son modelos matemáticos que sustentan la optimización de las rutas de recolección de residuos. Para mejorar el servicio de recolección de residuos sólidos urbanos, Araiza y Zambrano (2015) utilizaron herramientas SIG en su estudio en Mérida, México. Su investigación demostró que la implementación de rutas optimizadas no solo mejoró la eficiencia operativa, sino que también contribuyó a la sostenibilidad ambiental al disminuir las emisiones de los vehículos recolectores.

La aplicación práctica de estas teorías se demostró en Garabito, Costa Rica, donde se utilizaron tecnologías avanzadas para adaptar dinámicamente las rutas de recolección a la

demanda real. La relevancia de la tecnología en la optimización de los procesos de recolección fue destacada, lo que resultó en una mejora del 20% en la eficiencia operativa (Arrieta Enríquez, 2023, p. 73).

Betanzo et al. (2016) también realizaron un estudio en la Ciudad de México, evaluando las rutas de recolección utilizando dispositivos de seguimiento satelital. La combinación de SIG y dispositivos GPS para mejorar la precisión en la planificación de rutas fue crucial, lo cual resultó en una reducción significativa de los costos operativos y una mejora en la eficiencia del servicio (p. 330).

2.4.2 Opiniones y Conclusiones de Otros Autores

2.4.2.1. Resultados de Estudios Internacionales

La optimización de rutas ha sido reconocida como una estrategia fundamental para mejorar la eficiencia en la recolección de residuos a nivel mundial. En su estudio sobre Venezuela, Sáez (2019) describió cómo la aplicación de un sistema optimizado de recolección de residuos domiciliarios mejoró significativamente la calidad del servicio al disminuir los tiempos de operación y aumentar la satisfacción de los usuarios.

En México, Araiza y Zambrano (2015) demostraron en su investigación que el uso de SIG en la planificación de rutas permitió una mejora en la eficiencia del servicio en la ciudad de Mérida y una disminución del 15% en los costos operativos. La relevancia de las herramientas tecnológicas en la administración de residuos se destaca en este estudio (p. 121).

En su análisis de las rutas de recolección en la Ciudad de México, Betanzo et al. (2016) destacaron que la combinación de SIG y dispositivos de rastreo satelital no solo mejoró la eficiencia operativa, sino que también disminuyó el impacto ambiental al optimizar el uso de los recursos.

2.4.2.2. Investigaciones en Costa Rica

El tema de la optimización de rutas en Costa Rica ha sido cada vez más relevante, ya que numerosos estudios han destacado su relevancia para mejorar el servicio de recolección de residuos. Para detectar y resolver deficiencias en las rutas de recolección, Castro (2019) utilizó SIG en su investigación en Paraíso. La eficiencia operativa se mejoró significativamente con este estudio; esto también resultó en una disminución de los costos y en una mayor satisfacción de los usuarios del servicio (p. 46).

En su investigación en Guácimo, Leandro (2022) enfatizó la relevancia de adaptar las rutas de recolección a las circunstancias locales mediante el uso de herramientas tecnológicas sofisticadas para incrementar la eficacia. La optimización de rutas es fundamental para asegurar un servicio sostenible y eficiente en zonas con infraestructura vial limitada (p. 59).

Finalmente, en Garabito, Arrieta Enríquez (2023) destacó la importancia de combinar SIG con dispositivos GPS para optimizar las rutas de recolección; esto resultó en una disminución del 25% en los costos operativos y una mejora en la eficiencia general del sistema de recolección.

2.4.3 Resultados Más Importantes en la Actualidad

2.4.3.1. Impactos Documentados

Los efectos de la optimización de las rutas de recolección de residuos incluyen beneficios tanto económicos como ambientales. La aplicación de SIG para la planificación de rutas en Mérida, México, mejoró la sostenibilidad del servicio al disminuir las emisiones de gases contaminantes y permitió una disminución del 15% en los costos operativos (Araiza y Zambrano, 2015, p. 122).

En Costa Rica, Castro Ramírez (2019) documentó que la optimización de rutas en Paraíso resultó en una mejora significativa en la eficiencia operativa, reduciendo los tiempos de recolección en un 20% y disminuyendo los costos asociados, lo que se tradujo en una mayor satisfacción de los usuarios y un menor impacto ambiental (p. 47).

En su estudio en la Ciudad de México, Betanzo et al. (2016) destacaron que la optimización y evaluación de rutas mediante dispositivos de rastreo satelital resultó en una reducción significativa de los tiempos de operación y una mejora en la eficiencia del servicio; esto resalta la relevancia de la tecnología en la administración contemporánea de los residuos (p. 334).

2.4.4 Experiencias Nacionales e Internacionales

2.4.4.1. Experiencias Nacionales

Las experiencias con la optimización de rutas en Costa Rica han sido diversas y han demostrado resultados favorables en diversas situaciones. En su investigación en Paraíso, Castro (2019) utilizó tecnologías SIG para mejorar la eficacia de la recolección en zonas densamente pobladas. Según Castro (2019), esta iniciativa mejoró la eficiencia del servicio al disminuir significativamente los costos y los tiempos de operación.

En Guácimo se produjo otra experiencia significativa: Leandro (2022) implementó un sistema de optimización de rutas mediante SIG y GPS. El resultado fue una disminución del 20% en los costos operativos y una mejora en la calidad del servicio brindado, especialmente en zonas rurales con infraestructuras limitadas.

Al combinar SIG y dispositivos GPS para optimizar las rutas de recolección, Arrieta Enríquez (2023) presentó una estrategia innovadora en Garabito. Al reducir las emisiones de

gases contaminantes y las distancias recorridas, esta experiencia no solo mejoró la eficiencia operativa, sino que también disminuyó el impacto ambiental.

2.4.4.2. Experiencias Internacionales

Las prácticas de optimización de rutas han demostrado ser efectivas para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia del servicio de recolección de residuos a nivel mundial. Según Sáez Molero (2019), la implementación de un sistema optimizado de recolección de residuos domiciliarios en Venezuela mejoró significativamente la calidad del servicio, disminuyó los tiempos de operación y aumentó la satisfacción de los usuarios (p.89).

En Mérida, Araiza y Zambrano (2015) demostraron que el uso de SIG para planificar rutas de recolección en México mejoró la sostenibilidad del servicio y disminuyó los costos operativos en un 15%. Además, destacaron la relevancia de la tecnología en la administración de residuos (p. 124).

En su análisis de las rutas en la Ciudad de México, Betanzo et al. (2016) indicaron que la combinación de SIG y dispositivos de rastreo satelital no solo mejoró la eficiencia operativa, sino que también disminuyó el impacto ambiental al optimizar el uso de los recursos (p.335).

2.4.5 Relevancia para el Proyecto Actual

Estos resultados son significativos para el proyecto de Esparza. Un marco útil para mejorar la eficacia del sistema de recolección puede ser el empleo de modelos de optimización de rutas y de tecnologías avanzadas como GPS y SIG.

Según Castro (2019), al adaptarse a las circunstancias locales, estas tecnologías no solo disminuyen los costos operativos, sino que también mejoran la sostenibilidad del servicio, disminuyen el impacto ambiental y aumentan la satisfacción de los usuarios.

El uso de estas tecnologías puede mejorar significativamente la sostenibilidad y la eficiencia operativa, según la experiencia global documentada por Araiza y Zambrano (2015) en Mérida, México. Para Esparza, estos descubrimientos son particularmente pertinentes, ya que la topografía y las condiciones de las vías plantean desafíos similares a los que se han encontrado en otros contextos. Esto indica que las soluciones tecnológicas pueden ser igualmente efectivas (p. 125).

CAPÍTULO III:
METODOLOGÍA DEL TRABAJO

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DEL TRABAJO

3.1. METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Tabla 4.

Matriz definición del Problema

| Objetivo específico | Actividad | Herramientas | Descripción | Plazo | Responsables |
|---|--|------------------------|---|--------------|--|
| Definir la situación actual de las rutas de recolección de residuos en las diferentes zonas mediante un diagrama SIPOC. | Identificar el problema principal Definir los proveedores, las entradas, salidas y los clientes | -Análisis SIPOC | -La implementación de la herramienta SIPOC esclarecerá todos los participantes del proceso y nos dará una idea más concreta del proceso de cómo se lleva a cabo y nos beneficiará en la definición de la situación actual | -Dos semanas | -Yeudy Araya -jefe de servicios |

Fuente: Creación Propia, 2024

Nota: Esta tabla muestra las actividades desarrolladas en la etapa Definir, con información de la Municipalidad de Esparza

3.2. METODOLOGÍA PARA MEDICIÓN Y EL RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO

Tabla 5.

Matriz medición y análisis.

| Objetivo específico | Actividad | Herramientas | Descripción | Plazo | Responsables |
|---|---|--------------------|---|----------------|--------------|
| Medir las causas principales que están afectando el proceso de recolección de residuos mediante un diagrama de Pareto | Enlistar las causas medimos la frecuencia con que ocurre esas causas Categorizar las causas identificadas de acuerdo con su frecuencia | Diagrama de Pareto | Se categorizaron las causas por orden de mayor a menor frecuencia que se presenta | Cuatro semanas | Estudiante |

Fuente: Creación Propia, 2024.

Nota: Esta tabla muestra las actividades desarrolladas en la etapa Medir. Con información de la Municipalidad de Esparza

3.3. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA

Tabla 6

Estructura Propuesta de Mejora

| Objetivo específico | Actividad | Herramientas | Descripción | Plazo | Responsables |
|---|--|---------------------|--|---------------|--------------|
| Analizar la estructura existente de transporte de recolección con respecto con la demanda actual mediante gráficos estadísticos comparativos (analizar capacidad de las unidades, analizar los costos, el tiempo) | Elaborar una comparación de las capacidades de cada unidad de recolección, su vida útil, los tiempos y costos actuales vrs necesidad | Gráfico Estadístico | Realizaran el análisis respectivo visualizar el grado de afectación de la actual estructura. | Cinco semanas | Yeudy Araya |

Fuente: Creación Propia, 2024.

Nota: Esta tabla muestra las actividades desarrolladas en la etapa de Propuesta de Mejora. Con información de la Municipalidad de Esparza.

3.4. METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Tabla 7

Matriz de implementación

| Objetivo Especifico | Actividad | Herramientas | Descripción | Plazo | Responsables |
|---|--|---|---|---------------|---|
| Plantear una nueva estructura del proceso de recolección de residuos que se ajuste a lo que se requiere y que reduzca los costos. | -Diseñar distribución de unidades y ruta Designación de un tiempo de recorrido de la ruta -Diseñar una bitácora del registro de control -Diseñar un diagrama de proceso Comunicación de la nueva estructura del proceso | -Diagrama de proceso -Diagrama de recorrido -Hoja de registro | Se realizará el respectivo rediseño de la estructura del proceso de recolección de residuos implementado una estrategia más eficiente para la dignación de las unidades y registro de los viajes de cada unidad | Nueve semanas | -Jefe del departamento de servicio -Personal Operativo |

Fuente: Creación Propia, 2024.

Nota: Esta tabla muestra las actividades desarrolladas en la etapa Implementación. Con información de la Municipalidad de Esparza.

3.5. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LOS RESULTADOS

Tabla 8.

Matriz de verificación, aseguramiento y control

| Objetivo específico | Actividad | Herramientas | Descripción | Plazo | Responsables |
|--|--|--|--|--|---|
| Controlar los costos y tiempo de los procesos de recolección por medio de indicadores. | Agregar actividades que colaboren a cumplir el objetivo (redactar en infinitivo) | <ul style="list-style-type: none"> - Indicadores de rendimiento (KPIs) - Sistemas de monitoreo continuo - Análisis de costo-beneficio | Describir para cada herramienta la forma de uso y referenciar (recursos, fuentes de información, variables estudiadas) | Se refiere al tiempo proyectado en la cual se planea ejecutar la actividad | Agregar los puestos de trabajo o roles encargados de la ejecución de la actividad |

Fuente: Creación Propia, 2024.

Nota: Esta tabla muestra las actividades desarrolladas en la etapa verificación, aseguramiento y control con información de la Municipalidad de Esparza.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSAS RAÍZ

4.1. ANALISIS CAUSA RAIZ

Con el propósito de optimizar la distribución de las rutas de recolección de residuos sólidos ordinarios y valorizables de la Municipalidad de Esparza, se realiza un análisis minucioso de estas rutas en este capítulo. El análisis SIPOC, que permitió realizar un mapeo del proceso completo de recolección, desde la asignación de rutas hasta la disposición final de los residuos, inició el proceso. Esta herramienta fue fundamental para encontrar cuellos de botella y puntos críticos que afectan la eficiencia operativa del servicio, estableciendo una base sólida para las siguientes etapas.

Para medir y dar prioridad a las causas principales de ineficiencia en las rutas actuales, se empleó el diagrama de Pareto después. La frecuencia de recolección, los tiempos de recorrido, la capacidad de carga de las unidades y los costos operativos son datos importantes del año 2023. Enfatizando los factores más importantes que contribuían a la ineficiencia del sistema, el análisis de Pareto permitió identificar las áreas que requerían atención prioritaria. Con el fin de garantizar una optimización efectiva del servicio de recolección de residuos en Esparza, este método sistemático contribuyó a concentrar los esfuerzos en las áreas con el mayor potencial de mejora.

4.1.1. Componentes del SIPOC

Figura 9. SIPOC

| S | I | P | O | C |
|---|---|--|--------------------------------------|---|
| SUPPLIERS | INPUT | PROCES | OUTPUT | CUSTOMER |
| ¿Quién proporciona entrada a un proceso? | Recurso proporcionado por el proveedor para la incorporación al proceso | Pasos realizados para convertir de entrada a salida | Recurso resultante desde el proceso | Receptor de salida creada |
| PROVEEDORES | ENTRADA | PROCESO | SALIDA | CLIENTE |
| Proveedores de servicios de recolección | Residuos sólidos ordinarios: | 1 Asignación y planificación de rutas | Residuos recolectados y clasificados | Ciudadanos del cantón de Esparza: |
| Empresas de disposición final de residuos | Residuos valorizables | 2 Recolección de residuos | Reportes de eficiencia operativa | Entidades de reciclaje |
| Municipalidad de Esparza | Información de rutas | 3 Transporte a centros de disposición final | Datos para la optimización de rutas | Autoridades municipales |
| | Recursos logísticos | 4 Clasificación y manejo de residuos valorizables | Satisfacción del cliente | Empresas de disposición final de residuos |
| | Personal | 5 Registro y monitoreo del cumplimiento | | |
| | Normativas y regulaciones municipales | 6 | | |

Fuente: Datos Jefatura de servicios Municipalidad de Esparza, 2024.

4.1.1.1. Análisis de Diagrama SIPOC

Para evaluar la situación actual de las rutas de recolección de desechos sólidos ordinarios y valorizables en la Municipalidad de Esparza, se utilizó el análisis SIPOC (Proveedores, Ingresos, Procesos, Resultados, Clientes). Esta herramienta facilitó la identificación de los participantes principales, los insumos y los procedimientos involucrados, así como las salidas y los clientes del servicio. Además, se hizo hincapié en el problema fundamental que tiene un impacto en la eficacia del servicio de recolección.

1. Proveedores (Suppliers): Los proveedores principales involucrados en el proceso de recolección de desechos son:

Bodega central del Municipalidad de Esparza: Provee vehículos, equipos y personal especializado para varias áreas.

Empresas de disposición final: Mantienen los desechos en los vertederos, las plantas de reciclaje y las estaciones de transferencia.

Municipalidad de Esparza: Supervisa, controla y supervisa el proceso de recolección.

2. Entradas (Inputs): Los componentes clave del proceso de recolección son:

Residuos sólidos ordinarios: Desechos no reciclables tanto domésticos como comerciales.

Residuos valorizables: Los materiales que se pueden reciclar, como el papel, el vidrio y el plástico,

Información de rutas: Detalles sobre las rutas, los horarios y los intervalos de recolección.

Recursos logísticos: Autos, combustible, equipos de seguridad y sistemas de comunicación.

Personal: Recolectores, conductores y supervisores

Normativas municipales: Leyes y pautas para el proceso de recolección

3. Proceso (Process): Las etapas de recolección de desechos en Esparza son las siguientes:

Planificación de rutas: Determinación de las rutas y planificación de la recolección

Recolección de residuos: Recolección diaria en las rutas designadas.

Transporte a disposición final: Transportar los desechos de manera segura a las instalaciones de disposición.

Clasificación de residuos valorizables: La separación y el manejo adecuado son esenciales en las plantas de reciclaje.

Registro y monitoreo: Evaluación y seguimiento del desempeño del servicio.

4. Salidas (Outputs): Las salidas del proceso incluyen:

Residuos recolectados y clasificados: Materiales recolectados y preparados para ser utilizados o reciclados.

Reportes de eficiencia operativa: Informes sobre la eficiencia y el rendimiento de las rutas.

Datos para optimización: Información sobre cómo modificar y mejorar las rutas.

Satisfacción del cliente: Evaluación de la satisfacción del servicio por parte de los usuarios.

5. Clientes (Customers): Los clientes del servicio de recolección son:

Ciudadanos de Esparza: El servicio de recolección está disponible para ellos.

Entidades de reciclaje: Reciclan y procesan los desechos reciclables.

Autoridades municipales: Supervisar y mejorar el servicio.

Empresas de disposición final: Gestionan los residuos de acuerdo con las regulaciones.

Identificación del Problema Principal

El principal problema que afecta la eficiencia del servicio según el análisis SIPOC es la ineficiencia en la planificación y distribución de las rutas de recolección de desechos. Hay varias formas en que se presenta este problema:

Rutas mal planificadas: Rutas sobredimensionadas o mal ajustadas causan tiempos de recolección excesivos y costos operativos elevados.

Cuellos de botella: Acumulación de desechos que supera la capacidad de recolección, lo que provoca demoras y problemas de salud pública.

Desperdicio de recursos: Asignación ineficaz de personal y vehículos, lo que conduce a un uso ineficiente de los recursos y una eficacia del servicio reducida.

Desajuste entre la capacidad operativa y las necesidades de los clientes: La satisfacción del servicio se ve negativamente afectada por la falta de armonía entre las necesidades de los ciudadanos y las capacidades operativas actuales.

Implicaciones del Problema Identificado

Las deficiencias en la planificación y ejecución de las rutas de recolección tienen una serie de repercusiones importantes:

Impacto en los costos operativos: La optimización de la planificación de rutas tiene el potencial de reducir los costos innecesarios.

Reducción en la calidad del servicio: La ineficiencia afecta la calidad del servicio, lo que puede disminuir la satisfacción ciudadana y poner en peligro las regulaciones ambientales.

Desperdicio de recursos: Un uso ineficiente de los recursos disponibles, como personal y vehículos, que podría mejorarse con una planificación adecuada.

Riesgos de incumplimiento normativo: La posibilidad de incumplir las regulaciones ambientales y de salud pública si no se resuelven las ineficiencias actuales.

Este análisis SIPOC ha sido fundamental para comprender la situación actual de las rutas de recolección de desechos en Esparza e identificar el problema principal que debe abordarse. El siguiente paso permitirá la medición y el análisis adecuado de la problemática.

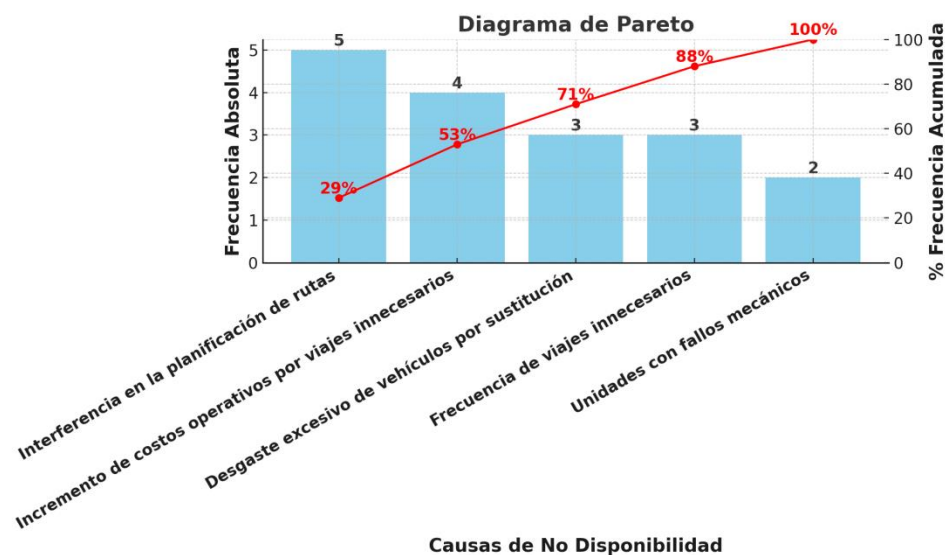
4.1.2. Diagrama de Pareto

Figura 10. Datos Diagrama de Pareto

| # | Posición real (Causas y datos ordenados) | Frecuencia de recurrencia | Frecuencia acumulada | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|---|---|---------------------------|----------------------|------------|----------------------|
| 1 | Ineficiencia en la planificación de rutas | 5 | 5 | 29% | 29% |
| 2 | Incremento de costos operativos por viajes innecesarios | 4 | 9 | 24% | 53% |
| 3 | Desgaste excesivo de vehículos debido a subutilización | 3 | 12 | 18% | 71% |
| 4 | Incremento de costos operativos por viajes innecesarios | 3 | 15 | 18% | 88% |
| 5 | Unidades con fallas mecánicas | 2 | 17 | 12% | 100% |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2024

Figura 11. Gráfico de Pareto



Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

4.1.2.1. Análisis del Diagrama de Pareto

La ineficiencia en la planificación de rutas es la principal causa de ineficiencia en el proceso de recolección de residuos, según el análisis del diagrama de Pareto. Esta ineficiencia representa el 29% de todas las ineficiencias identificadas. La operatividad del sistema se ve directamente afectada por esta deficiencia en la planificación porque un diseño de ruta inadecuado resulta en una mayor duración de los recorridos, un mayor consumo de recursos y, en última instancia, mayores costos operativos. La planificación ineficaz no solo prolonga los tiempos de operación, sino que también conduce a una flota de vehículos ineficiente, lo que empeora los problemas del sistema de recolección. En segundo lugar, los viajes innecesarios aumentaron los costos operativos, lo que representa el 24% de las ineficiencias. Estos viajes, que podrían evitarse con una mejor planificación y optimización de las rutas, aumentan significativamente los costos relacionados con el combustible y el mantenimiento de los vehículos. Esta práctica también contribuye al desgaste prematuro de la flota, lo que aumenta los costos de mantenimiento y la vida útil de los vehículos.

Otra causa importante de ineficiencia es el desgaste excesivo de vehículos debido a su subutilización, que representa el 18% del total. Este problema se debe a una planificación ineficaz que no aprovecha la capacidad de los vehículos, obligándolos a realizar más viajes de los que realmente necesitan. La sobrecarga y la subutilización hacen que los vehículos se desgasten más rápido, lo que aumenta los costos operativos y reduce la eficacia general del sistema de recolección. Otro factor importante que contribuye a la ineficacia es la frecuencia de viajes innecesarios, que representa un 18 %. Estos viajes, que con frecuencia son el resultado de una planificación inadecuada, no solo prolongan el tiempo total de operación, sino que también aumentan los costos asociados, lo que reduce la eficiencia del servicio.

Las fallas mecánicas en las unidades de recolección representan un 12% de las ineficiencias, aunque son menos comunes. La sobrecarga y el uso excesivo de vehículos son en parte responsables de estas fallas, lo que indica una conexión directa con las otras causas de ineficiencia mencionadas anteriormente. La relación entre las fallas mecánicas y las fallas operativas demuestra la importancia de una mejor gestión de recursos y un mantenimiento preventivo más estricto.

En general, el análisis del diagrama de Pareto deja claro que la planificación de rutas y la reducción de viajes innecesarios son las principales áreas a mejorar. Juntos, estas dos razones representan el 50% de la ineficiencia, por lo que cualquier enfoque de mejora debería priorizar estas áreas si quiere reducir significativamente los costos operativos y mejorar la eficiencia del servicio. Para mejorar la sostenibilidad y la eficacia del sistema de recolección de residuos, se deben implementar soluciones que maximicen la planificación de rutas y la utilización de vehículos.

4.1.3. Gráficos Estadísticos

Para evaluar la eficiencia de la estructura de transporte de recolección de residuos, es esencial analizar comparativamente la capacidad de las unidades de recolección, los tiempos de recolección y los costos operativos. Usando los datos disponibles de enero de 2023 y las estadísticas de aumento de costos y tiempos, se realizará una comparación entre la capacidad de los camiones, su vida útil y el desempeño actual versus la demanda actual. Esto permitirá identificar.

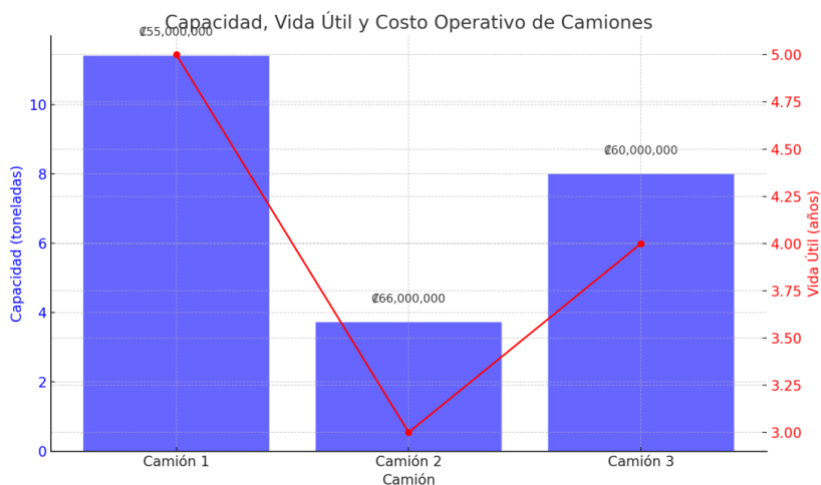
Datos de los Camiones

Tabla 9: *Capacidad de Recolección y Costos*

| Camión | Placa | Capacidad (toneladas) | Vida Útil (años) | Costo Operativo (CRC) Anual |
|-----------------|--------------|----------------------------------|-----------------------------|--|
| Camión 1 | 7448 | 11.42 | 5 | ₡55000000 |
| Camión 2 | 7127 | 3.72 | 3 | ₡66000000 |
| Camión 3 | 7389 | 8.00 | 4 | ₡60000000 |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Figura 12. Gráfico datos de recolección y costos



Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2024

Análisis Capacidad de Recolección y Costos

Los camiones que son utilizados para recolectar desechos en la comuna de Esparza poseen características específicas en cuanto a su capacidad para transportar carga, su duración y los gastos operativos anuales. Luego se examina detenidamente cada uno de estos elementos.

Camión 1 (Placa 7448):

Capacidad: Con 11.42 toneladas, este es el camión con la mayor capacidad de la flota. Esta característica lo hace un vehículo más capaz de cargar, lo que es útil para rutas que requieren una gran capacidad de almacenamiento de desechos. En términos logísticos, un camión con mayor capacidad puede realizar menos viajes en comparación con un camión con menor capacidad, lo que optimiza el uso de los recursos en rutas donde hay alta demanda de recolección.

Vida útil: Con una vida útil estimada de 5 años, este camión tiene una duración moderada dentro de la flota. Esto sugiere que el vehículo está diseñado para manejar condiciones de operación intensivas durante este periodo antes de requerir reemplazo o un mantenimiento significativo. La vida útil está directamente relacionada con el desgaste del vehículo, y en el caso de camiones con alta capacidad como este, es común que soporten más carga, lo que puede aumentar el desgaste con el tiempo. Sin embargo, la vida útil de 5 años indica que el camión está pensado para mantener un rendimiento adecuado durante un periodo prolongado.

Costo operativo anual: Aunque parece estar en línea con la capacidad de carga del camión, el costo operativo de ₡55000000 es considerable. Este costo se basa en variables como el mantenimiento, el combustible, el personal de operación y otros gastos relacionados con mantener el vehículo en funcionamiento. Debido a que se trata del camión de mayor capacidad, el costo podría justificarse en función de su capacidad para manejar grandes volúmenes de desechos, lo que reduciría el número de viajes y, por lo tanto, optimizaría el uso de los recursos en rutas de alta demanda.

Camión 2 (Placa 7127):

Capacidad: Con 3.72 toneladas, el Camión 2 tiene la menor capacidad de los tres vehículos examinados. Como resultado de esta capacidad limitada, este camión debería estar destinado a rutas más cortas o áreas con menor producción de desechos. Un vehículo con una capacidad más reducida requiere más viajes para satisfacer la misma demanda que un vehículo de mayor capacidad, lo que implica una mayor utilización de recursos como combustible y tiempo en las rutas con alta densidad de residuos.

Vida útil: Este camión tiene la menor vida útil de la flota con 3 años. El hecho de que el vehículo pueda soportar cargas menores, lo que puede resultar en una mayor frecuencia de viajes y, por lo tanto, un mayor desgaste en menos tiempo, puede estar relacionado con la vida útil limitada del vehículo. A medida que se acerca el final de su ciclo de operación, un camión con una vida útil corta tiende a requerir reemplazos más frecuentes o mayores costos de mantenimiento. Esto debe considerarse como un indicador de la durabilidad del vehículo en condiciones de trabajo intensivo y puede influir en los costos totales de operación.

Costo operativo anual: Entre los tres camiones examinados, este tiene el costo operativo anual más alto de ₡66000000, a pesar de su menor capacidad. Esto es crucial ya que un alto costo en combinación con una capacidad limitada podría resultar en ineficiencia en el funcionamiento. Los costos operativos suelen estar influenciados por elementos como el consumo de combustible, el mantenimiento y el desgaste, todos los cuales parecen ser más altos en este vehículo en comparación con su capacidad de carga. Esto indica que el costo operativo anual puede no estar optimizado para rutas de alta demanda, dependiendo de la capacidad del vehículo.

Camión 3 (Placa 7389):

Capacidad: El Camión 3 se encuentra entre los otros dos vehículos en términos de capacidad de carga con una capacidad intermedia de 8.00 toneladas. Esta capacidad es útil para carreteras de tamaño medio o lugares con una demanda moderada de recolección de desechos. Un camión con capacidad intermedia puede usarse en rutas con cargas altas y bajas, brindando flexibilidad en la operación sin requerir una sobrecarga de viajes como ocurre con los vehículos de menor capacidad.

Vida útil: La vida útil de 4 años también es intermedia, lo que indica que este camión está diseñado para ser utilizado durante mucho tiempo, pero no tan largo como el Camión 1. El desgaste que sufre un camión durante la operación diaria está directamente relacionado con su vida útil. En este caso, el Camión 3 parece ser capaz de manejar rutas con una demanda intermedia de residuos sin sufrir un desgaste excesivo. Esto es crucial porque un vehículo con una vida útil moderada puede requerir menos mantenimiento a lo largo de su ciclo de vida, lo que puede reducir los costos operativos.

Costo operativo anual: El Camión 3 se encuentra en el rango intermedio de costos con un costo operativo anual de ₪60000000. En función de su capacidad de carga y vida útil, esto indica que el vehículo tiene un costo razonable. Al ser un camión intermedio tanto en capacidad como en vida útil, su costo operativo refleja una operación balanceada, lo que indica que es capaz de manejar rutas con una demanda media de residuos de manera eficiente. Un costo intermedio parece estar en línea con su capacidad y uso porque los costos operativos incluyen todos los gastos relacionados con el funcionamiento diario del camión.

La capacidad de recolección, la vida útil y los costos operativos de cada vehículo difieren significativamente, según el análisis de los tres camiones. Cada camión, desde el de alta demanda (Camión 1) hasta el de baja capacidad (Camión 2), parece estar diseñado para manejar diferentes tipos de rutas. La vida útil es diferente, lo que indica la capacidad de cada vehículo para soportar las condiciones operativas diarias. Los costos operativos anuales también varían notablemente, con el Camión 2 teniendo el costo más alto a pesar de tener la capacidad de carga más baja. Este análisis es esencial para comprender cómo cada camión cumple con su función en la operación de recolección de desechos y cómo la eficiencia general del servicio puede verse afectada por los costos asociados. Para optimizar los recursos y asegurar la

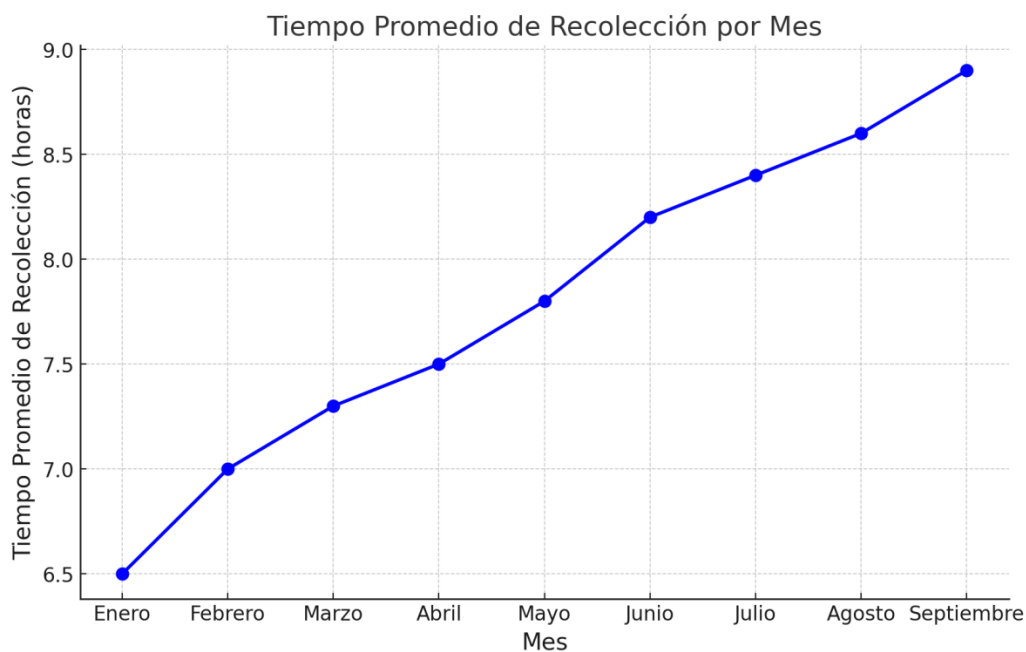
sostenibilidad del sistema de recolección de desechos en el cantón de Esparza, es fundamental que cada vehículo se utilice de manera adecuada en las rutas más apropiadas en función de su capacidad, vida útil y costo operativo.

Tabla 10. *Tiempos de Recolección*

| Mes | Tiempo Promedio de Recolección (horas) |
|-------------------|--|
| Enero | 6.5 |
| Febrero | 7.0 |
| Marzo | 7.3 |
| Abril | 7.5 |
| Mayo | 7.8 |
| Junio | 8.2 |
| Julio | 8.4 |
| Agosto | 8.6 |
| Septiembre | 8.9 |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 20

Figura 13. *Tiempos de Recolección*



Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Análisis Detallado de los Tiempos de Recolección

Los tiempos promedio de recolección muestran el tiempo que toman los camiones para completar sus rutas asignadas durante cada mes. Este tiempo cubre todas las operaciones de recolección, desde la descarga de desechos en los lugares designados hasta su transporte hacia los lugares de disposición o tratamiento.

En enero, el tiempo promedio fue de 6,5 horas. Este es el lapso de tiempo más corto que se ha registrado en los primeros nueve meses del año. Enero podría considerarse un mes de inicio bastante efectivo, posiblemente porque las rutas están mejor planificadas debido a un menor volumen de desechos después de las festividades o porque las rutas están distribuidas de manera más uniforme. Este tiempo corto indica que los camiones pudieron completar sus rutas sin problemas ni sobrecargas, lo que optimizó el tiempo de operación.

Febrero: 7.0 horas: El tiempo promedio de recolección aumenta a 7.0 horas en febrero, lo que representa un pequeño incremento en comparación con enero. Esto podría ser el resultado de una mayor producción de desechos al finalizar la temporada de vacaciones o de un cambio en las rutas que prolongó su duración. Es posible que un aumento de medio punto en las horas de recolección no sea significativo por sí solo, pero es crucial seguir la tendencia en los meses siguientes para identificar patrones.

Marzo: 7.3 horas: El tiempo de recolección aumentó nuevamente a 7.3 horas en marzo, manteniendo una tendencia al alza que ha comenzado desde enero. El aumento en la producción de desechos durante el primer trimestre del año podría estar relacionado con este aumento. Marzo es un mes en el que muchas actividades comerciales y residenciales regresan a la normalidad después del periodo vacacional, lo que podría resultar en un mayor volumen de residuos y, por lo tanto, en más tiempo necesario para completar las rutas.

En abril, el tiempo de recolección aumenta a 7,5 horas. El aumento coincide con la tendencia de los meses previos, lo que indica que los camiones están dedicando más tiempo a las carreteras hasta este momento. Este aumento gradual podría deberse a la acumulación gradual de desechos o a la falta de cambios en las rutas para compensar las variaciones en la generación de desechos según la estación. Además, abril puede verse afectado por eventos como la Semana Santa, donde el volumen de desechos puede variar dependiendo de las actividades comerciales y comunitarias.

El tiempo de recolección aumenta a 7,5 horas en abril. El aumento coincide con la tendencia de los meses anteriores, lo que indica que los camiones han estado en las carreteras durante más tiempo. Este aumento gradual puede ser el resultado de la acumulación gradual de desechos o de la falta de cambios en las rutas para compensar las variaciones en la generación de desechos según la estación. Además, eventos como la Semana Santa, donde el volumen de desechos puede variar según las actividades comerciales y comunitarias, pueden afectar el mes de abril.

Junio: 8.2 horas: El tiempo promedio de recolección para junio fue de 8.2 horas, una subida significativa en comparación con mayo. Este aumento podría ser el resultado de una variedad de razones, como un aumento en la cantidad de desechos estacionales debido a cambios en las actividades productivas o un mayor tiempo de tránsito en las carreteras debido a factores como el clima. Junio es el primer mes en el que se supera el límite de 8 horas, lo que podría indicar que las carreteras están llegando a su punto de saturación porque los camiones tardan más en completar las mismas tareas.

Julio: 8.4 horas: En julio, el tiempo promedio fue de 8.4 horas, siguiendo la tendencia de aumento. El aumento podría estar relacionado con elementos externos como el clima lluvioso o condiciones de tránsito más complejas, que tienen un impacto en la eficiencia de las carreteras. Durante este período de tiempo, es posible que los desechos generados sean más difíciles de manejar (por ejemplo, desechos orgánicos que se acumulan en mayor cantidad), lo que puede requerir un mayor tiempo de operación.

Agosto: 8.6 horas: el tiempo de recolección sigue aumentando, alcanzando 8.6 horas en agosto. Este patrón de aumento gradual desde enero muestra una tendencia constante en la que las rutas están tomando más tiempo para completarse a medida que avanzan los meses. Las condiciones meteorológicas pueden continuar siendo importantes en agosto, especialmente si las lluvias dificultan el acceso a algunas áreas o producen más desechos que deben ser recolectados. El aumento gradual del tiempo de recolección puede deberse a un desgaste lento de los vehículos o a una falta de ajustes logísticos en las rutas.

Septiembre: 8.9 horas: En septiembre, el tiempo promedio de recolección alcanzó 8.9 horas, lo que fue el mayor valor registrado en los primeros nueve meses del año. Este aumento constante a lo largo del año puede ser el resultado de una serie de circunstancias, incluido un aumento en la cantidad de desechos producidos, posibles problemas en la distribución de rutas o un desgaste en la flota de vehículos que aumenta los tiempos de operación. Este nivel de tiempo indica que los camiones pasan casi todo el día recolectando, lo que puede afectar la eficiencia y los costos operativos.

El análisis de los tiempos promedio de recolección muestra un aumento gradual entre enero y septiembre, con una subida total de 2,4 horas (de 6,5 horas en enero a 8.9 horas en septiembre). El aumento constante a lo largo de los meses podría indicar un aumento en la

demanda de recolección, o también podría indicar que las carreteras están perdiendo eficiencia a medida que avanza el año.

Este aumento en los tiempos de recolección podría estar causado por una variedad de factores. El aumento en la generación de desechos es uno de los principales factores. El volumen de residuos que deben ser recolectados podría estar aumentando a medida que pasan los meses, lo que obliga a los camiones a pasar más tiempo en cada ruta para satisfacer la demanda.

El desgaste del vehículo es otro factor importante. El uso prolongado de los camiones durante todo el año puede causar un mayor desgaste mecánico. Esto puede causar tiempos de recolección más largos debido a más mantenimiento o fallas mecánicas que retrasan las operaciones.

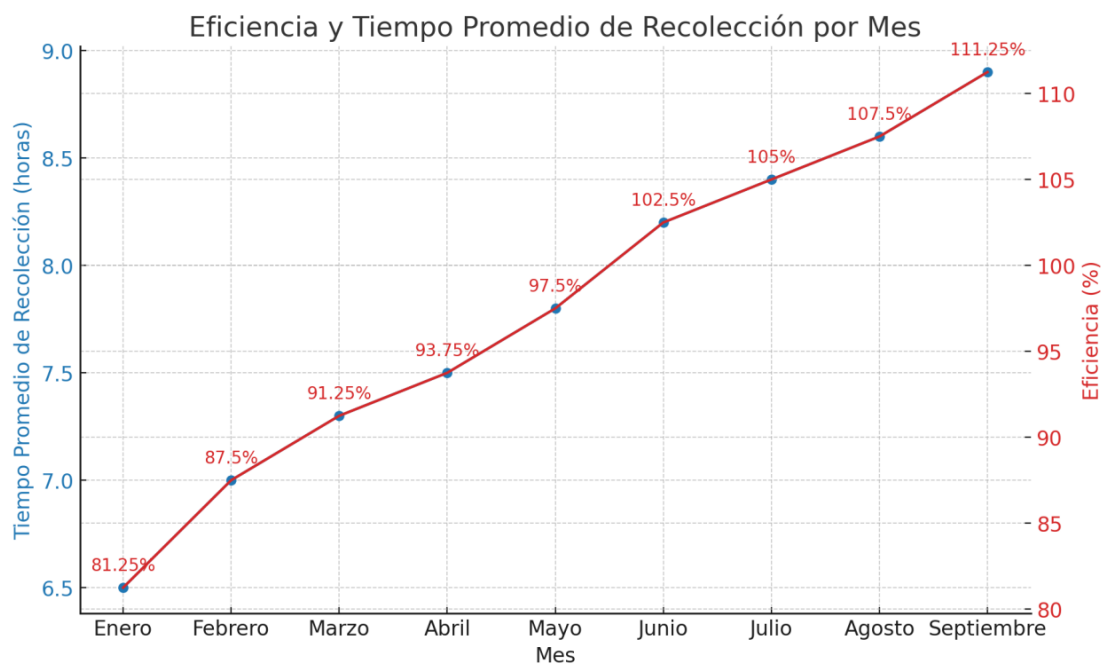
El clima y las condiciones externas también son importantes. Durante los meses de lluvia, la eficiencia de las carreteras puede verse afectada porque el tránsito se vuelve más difícil y puede ser más difícil acceder a algunas áreas. Esto hace que los camiones necesiten más tiempo para completar sus rutas y prolonga los tiempos de recolección.

Es importante tener en cuenta los patrones de demanda. Las variaciones en la cantidad de residuos producidos pueden verse reflejadas por un aumento en los tiempos de recolección. El volumen de desechos puede verse afectado por factores como festividades, aumentos en las actividades comerciales y vacaciones, lo que afecta directamente el tiempo que los camiones deben dedicar a cada ruta para gestionar la mayor carga.

Tabla 11. Eficiencia en horas laboradas (mes)

| Mes | Tiempo Promedio de Recolección (horas*) | Eficiencia (%) |
|------------|---|----------------|
| Enero | 6.5 | 81,25 |
| Febrero | 7.0 | 87,5 |
| Marzo | 7.3 | 91,25 |
| Abril | 7.5 | 93,75 |
| Mayo | 7.8 | 97,5 |
| Junio | 8.2 | 102,5 |
| Julio | 8.4 | 105 |
| Agosto | 8.6 | 107,5 |
| Septiembre | 8.9 | 111,25 |

Fuente: Creación Propia, 2024. *Nota: El turno es de 8 horas diarias

Figura 14. Eficiencia en horas laboradas (mes)

Fuente: Creación Propia, 2024.

Análisis Detallado de la Eficiencia en horas laboradas

Durante el mes de enero, se necesitaron 6.5 horas en promedio para recolectar, logrando así una eficiencia del 81.25%. A pesar de que la eficiencia supera el 80%, indica que los camiones están sacando provecho de una porción significativa de la jornada laboral de 8 horas, sin embargo, aún tienen espacio para perfeccionar la manera en que utilizan el tiempo disponible. Esto sugiere que en este mes las rutas estaban bien planificadas o que la cantidad de desechos era menor que en meses siguientes, lo que posibilitó que los camiones terminaran sus recorridos sin contratiempos. No obstante, el tiempo extra disponible insinúa la posibilidad de recolectar una mayor cantidad de residuos o de mejorar las rutas para disminuir los momentos de inactividad.

Durante el mes de febrero, se observó un incremento en el tiempo medio de recolección, alcanzando las 7.0 horas, lo cual resultó en una disminución de la eficacia al 87.5%. Aunque ha habido una leve disminución, los camiones continúan funcionando dentro de los límites aceptables en términos de eficacia. La prolongación del período de recolección puede ser consecuencia de un leve incremento en la cantidad de residuos producidos o de modificaciones en los recorridos. La subida podría ser consecuencia de elementos externos, como festividades o un cambio en la estación que genera una mayor cantidad de desechos. A pesar de ello, los camiones lograron completar las rutas en el horario laboral, evidenciando que aún hay margen para gestionar mayores cantidades de residuos.

Durante el mes de marzo, el tiempo medio dedicado a la recolección se incrementó una vez más, alcanzando las 7.3 horas, lo que resultó en una eficiencia del 91.25%. Este número refleja una mejoría con respecto al mes previo, sin embargo, la constante es que los camiones están demorando más en finalizar sus recorridos. La razón de este comportamiento podría ser

que se están acumulando más desechos o que las rutas se están volviendo menos efectivas debido a modificaciones en la forma en que se distribuyen los residuos. De todas formas, el tiempo disponible para finalizar las rutas sigue siendo suficiente, aunque se está acortando en contraste con los meses iniciales del año.

Durante el mes de abril, se necesitaron 7.5 horas en promedio para recolectar, logrando una eficiencia del 93.75%. A medida que transcurre el año, se percibe una leve mejoría en la eficacia, aunque el tiempo necesario para finalizar los recorridos continúa incrementándose. La causa de este comportamiento podría ser que las rutas están comenzando a dar indicios de saturación a raíz del aumento de residuos, lo que podría implicar la necesidad de reorganizarlas para mantener su eficacia. No obstante, los camiones se encuentran todavía dentro del horario laboral habitual, indicando que la situación sigue siendo controlable.

Durante el mes de mayo, el tiempo medio dedicado a la recolección se incrementó a 7.8 horas, logrando así una eficiencia del 97.5%. Este dato indica que los camiones están empleando la mayor parte del horario laboral para llevar a cabo las rutas designadas. La constante tendencia al alza en el tiempo de recogida sugiere que las rutas podrían no estar completamente eficientes o que la cantidad de residuos ha experimentado un notable incremento. En este momento crucial del mes, los camiones están a punto de alcanzar su capacidad máxima de trabajo en un lapso de 8 horas. Si la tendencia de prolongación en los tiempos de recolección persiste, existe la posibilidad de que los camiones no puedan completar las rutas programadas en los meses venideros.

Durante el mes de junio, se registró un tiempo medio de recolección que excedió las 8 horas, llegando a las 8.2 horas, lo cual se tradujo en una eficiencia del 102.5%. En este mes inaugural, los camiones se han visto obligados a extender su horario de trabajo para lograr

cumplir con las rutas designadas. La disminución en el rendimiento indica que el sistema de recolección está siendo sobrecargado por la cantidad de desechos o las condiciones de las rutas, o incluso por ambos factores. Trabajar más allá de lo previsto puede causar un efecto desfavorable en los gastos de funcionamiento, así como en el deterioro de los vehículos y los empleados. Es evidente que es necesario hacer cambios en las rutas o aumentar la capacidad de recolección para prevenir complicaciones futuras en los próximos meses.

Durante el mes de julio, el tiempo medio dedicado a la recolección se incrementó a 8.4 horas, lo cual disminuyó la eficacia a un 105%. El incremento en el tiempo necesario para finalizar los recorridos sugiere que los camiones están excediendo el tiempo previsto. La abundancia de horas trabajadas podría deberse a la congestión en las carreteras o a la escasez de camiones disponibles para transportar la creciente cantidad de residuos. Es relevante destacar que este aumento en el tiempo de funcionamiento no solo impacta en la eficacia, sino que también puede incrementar de manera considerable los gastos operativos a causa de las horas adicionales y el mayor desgaste de los vehículos.

Durante el mes de agosto, se necesitaron en promedio 8.6 horas para recolectar, logrando así una eficiencia del 107.5%. La tendencia de eficiencia por debajo del máximo refleja que los camiones enfrentan obstáculos al intentar finalizar las rutas en el tiempo asignado. Recoger la basura fuera de su horario habitual supone un mayor desgaste tanto para los vehículos como para los trabajadores. La disminución en la eficacia puede ocasionar repercusiones económicas en forma de gastos extra en operaciones y mantenimiento, además de afectar la capacidad de mantener el servicio en su máximo rendimiento.

Durante el mes de septiembre, se dedicaron en promedio 8.9 horas a la recolección, lo que se tradujo en una eficiencia del 111.25%, marcando así el punto más bajo del año. En este

momento, los camiones están esforzándose de manera constante más allá del horario laboral previsto y, sin embargo, no consiguen finalizar las rutas dentro del plazo establecido.

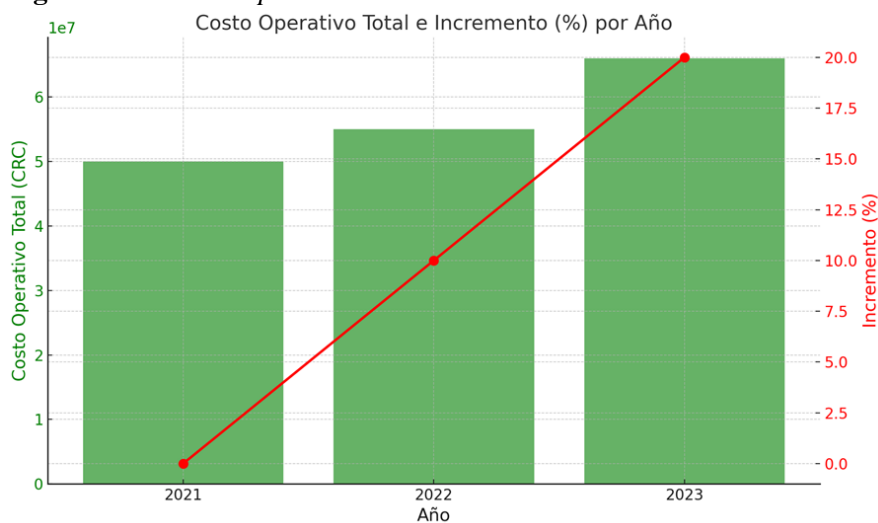
La continuidad de esta situación resulta insostenible en el largo plazo, dado que el exceso de trabajo de los camiones y el personal pueden ocasionar un aumento en los gastos operativos, averías en los equipos y una merma en la excelencia del servicio ofrecido. Según el análisis, si no se interviene de inmediato, los inconvenientes en la recolección seguirán empeorando.

Tabla 12. *Costos Operativos*

| Año | Costo Operativo Total (CRC) | Incremento (%) |
|-------------|------------------------------------|-----------------------|
| 2021 | 50000000 | - |
| 2022 | 55000000 | 10% |
| 2023 | 66000000 | 20% |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Figura 15. *Costos Operativos*



Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Análisis Costos Operativos

Un resumen del costo operativo total de la recolección de residuos sólidos en la Municipalidad de Esparza durante tres años consecutivos (2021, 2022 y 2023) se muestra en la Tabla 13. Los costos han aumentado significativamente a lo largo de este tiempo. Esto se debe a posibles aumentos en la operación de los camiones, el mantenimiento, los salarios y otros factores relacionados con la gestión de desechos. Además, la tabla muestra los porcentajes de aumento anual, lo que permite analizar las variaciones en los costos año tras año.

El costo operativo total fue de ₡50000000 en 2021. Este es el valor base utilizado para calcular los aumentos en los años siguientes. El monto refleja los gastos de recolección de desechos, que incluyen el mantenimiento de la flota de camiones, el combustible, el pago de los trabajadores operativos y otros gastos relacionados. No se indica ningún aumento anual en comparación con años previos, ya que este es el primer año de referencia.

El costo operativo total para el año 2022 aumentó a ₡55000000, un aumento del 10% en comparación con el año anterior. Este aumento del 10% puede deberse a un aumento en los precios de los insumos (como el combustible y los repuestos de los camiones), mayores costos salariales o el deterioro de los vehículos, lo que requiere una mayor inversión en mantenimiento. La necesidad de ampliar las rutas o mejorar el servicio de recolección para cubrir nuevas áreas o adaptarse a la creciente demanda de desechos del cantón puede ser otro factor que pudo influir en este aumento.

El costo operativo total aumentó un 20% en el año 2023, alcanzando los ₡66000000. Este aumento en los costos operativos puede deberse a factores adicionales, como un mayor

desgaste de los camiones debido al aumento en las horas de operación, un aumento en la cantidad de desechos que deben recolectarse, o el impacto de factores externos, como los precios del combustible. El aumento del 20% en un año demuestra que los costos operativos están aumentando a un ritmo más rápido que en años anteriores.

El análisis de los costos operativos totales de la recolección de desechos en Esparza durante el periodo de 2021 a 2023 muestra una clara tendencia ascendente, con incrementos que se vuelven más pronunciados con el paso del tiempo.

El aumento significativo del 20% en 2023 es notable porque, aunque el aumento del 10% en 2022 puede considerarse un crecimiento moderado, el aumento del 20% en 2023 representa un salto mucho más acentuado. Dado que mantener el servicio de recolección bajo este aumento en los costos podría requerir mayores esfuerzos presupuestarios o incluso un ajuste en las tarifas de los servicios para compensar el aumento en los costos, este cambio en el costo tiene el potencial de tener implicaciones significativas para las finanzas municipales.

Las razones potenciales detrás del aumento en los costos operativos pueden variar. En primer lugar, el aumento de la demanda de recolección debido al aumento de la población o a la mayor generación de desechos en la comunidad puede aumentar los costos operativos asociados con la ampliación de rutas y el uso adicional de camiones. El costo del combustible, que suele ser una de las principales causas de variaciones en los costos operativos, es otro factor importante, especialmente en servicios que utilizan vehículos pesados, como camiones de recolección.

Además, el desgaste y el mantenimiento de la flota de camiones son importantes. Los costos totales de operación aumentarán a medida que los camiones envejecen y se utilizan con más frecuencia. Sin embargo, los factores salariales también tienen un impacto porque un

aumento en los salarios de los trabajadores que operan estos servicios tiene un impacto directo en los costos anuales del servicio de recolección.

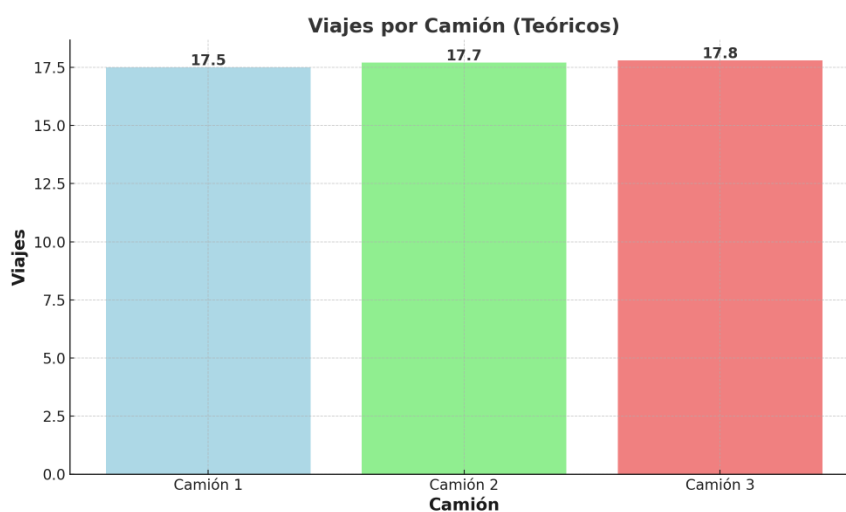
Los costos aumentaron de ¢50000000 en 2021 a ¢66000000 en 2023, un aumento acumulado del 32% en dos años, como lo demuestra la progresión de los incrementos. La gestión financiera del servicio de recolección se enfrenta a desafíos debido a esta tendencia, y es esencial monitorear de cerca este ritmo de crecimiento para determinar cómo afectará el presupuesto municipal y garantizar la sostenibilidad del servicio.

Tabla 13. *Viajes por Camión (Teóricos)*

| Camión | Capacidad (toneladas) | Recolección Mensual (toneladas) | Viajes (Teóricos) |
|-----------------|----------------------------------|--|------------------------------|
| Camión 1 | 11.42 | 198 | 17,33 |
| Camión 2 | 3.72 | 66 | 17,74 |
| Camión 3 | 8.00 | 143 | 17,87 |

Fuente: Creación Propia, 2024.

Figura 16. *Viajes por Camión (Teóricos)*

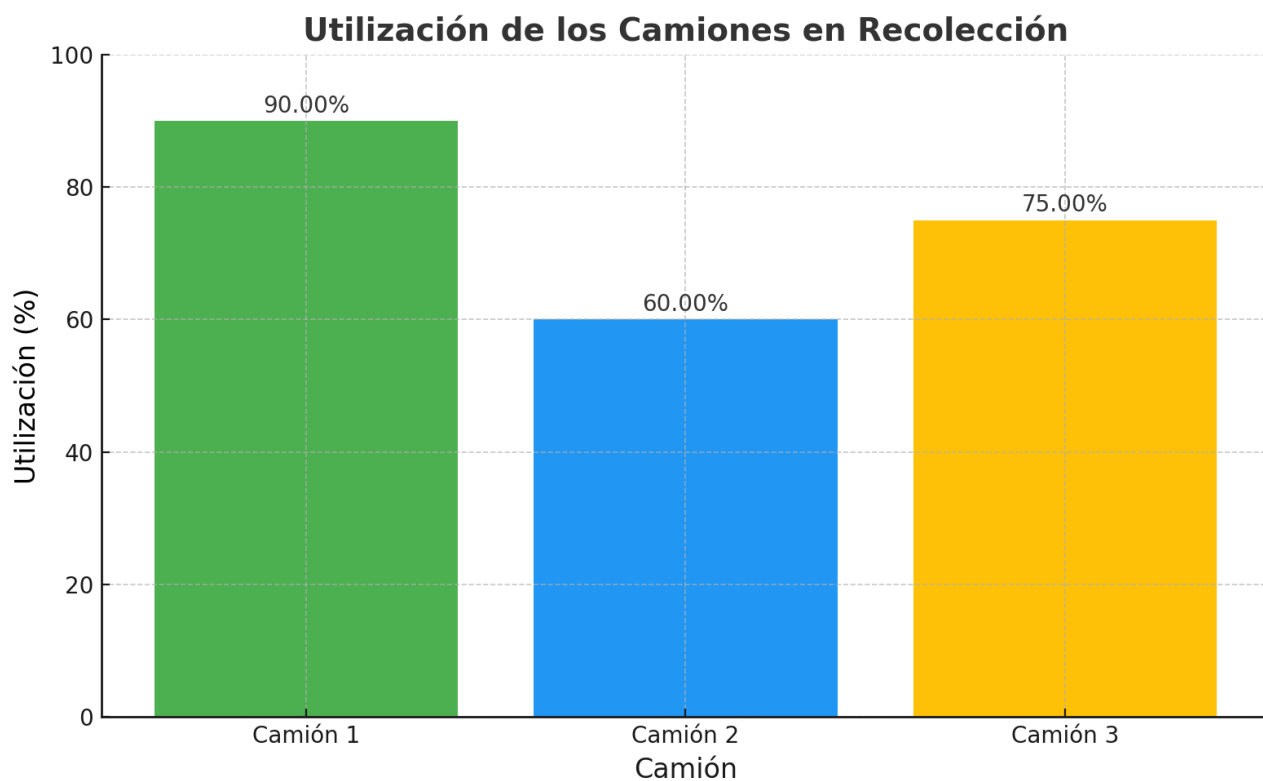


Fuente: Creación Propia, 2024.

Tabla 14. *Utilización de capacidad de Camiones*

| Camión | Capacidad (toneladas) | Utilización (%) | Utilización en toneladas |
|-----------------|------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Camión 1 | 11.42 | 90% | 10.28 |
| Camión 2 | 3.72 | 60% | 2.23 |
| Camión 3 | 8.00 | 75% | 6.00 |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Figura17. *Utilización de capacidad de Camiones*

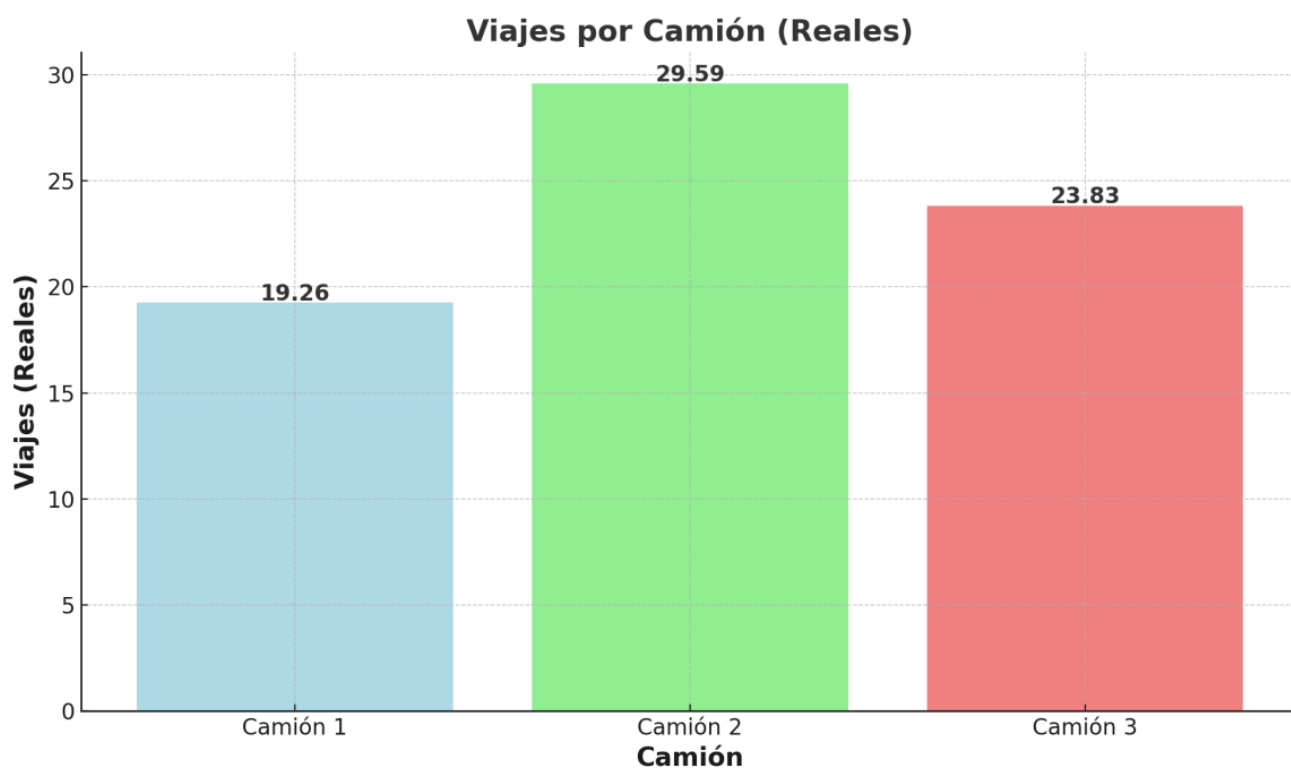
Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Tabla 15. *Viajes por Camión (Reales)*

| Camión | Recolección Mensual (toneladas) | Utilización en toneladas | Viajes (Reales) |
|-----------------|--|-------------------------------------|----------------------------|
| Camión 1 | 198 | 10.28 | 19.26 |
| Camión 2 | 66 | 2.23 | 29.59 |
| Camión 3 | 143 | 6.00 | 23.83 |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Figura 18. *Viajes por Camión (Reales)*

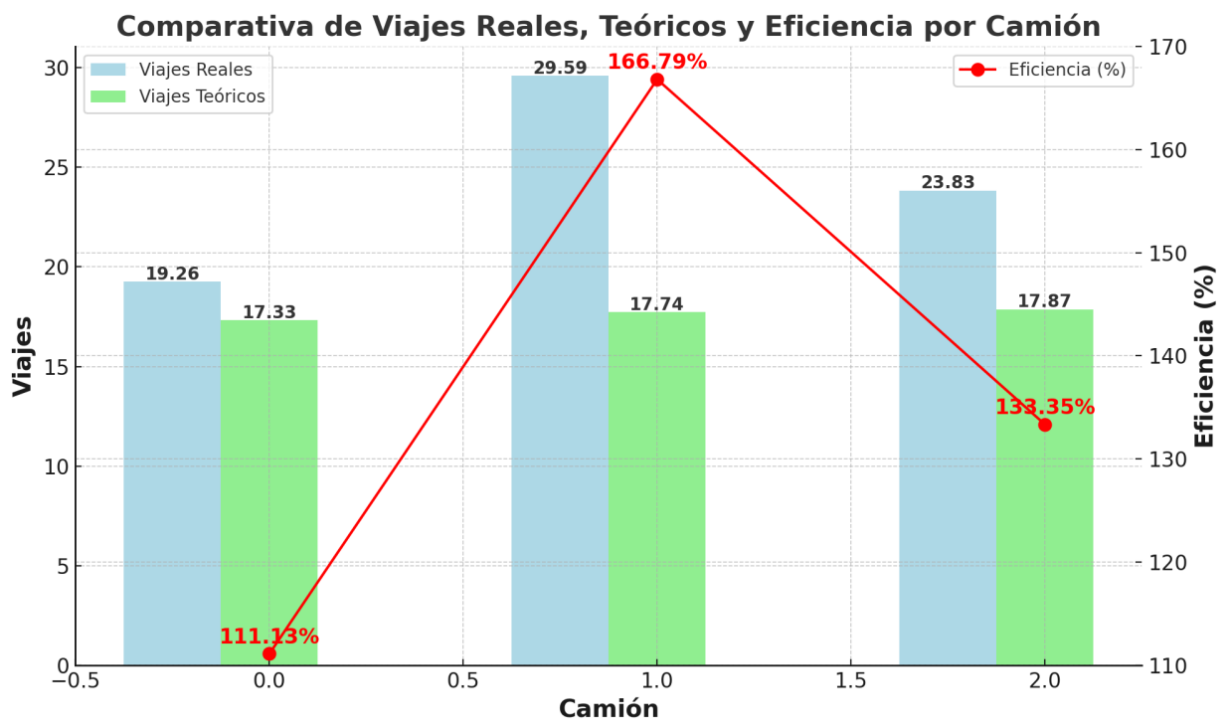


Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Tabla 16. *Eficiencia de los viajes (Camiones)*

| Camión | Viajes (Reales) | Viajes (Teóricos) | Eficiencia (Viajes) |
|----------|-----------------|-------------------|---------------------|
| Camión 1 | 19.26 | 17,33 | 111.13% |
| Camión 2 | 29.59 | 17,74 | 166.79% |
| Camión 3 | 23.83 | 17,87 | 133.35% |

Figura 19. *Eficiencia de los viajes (Camiones)*



Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Análisis Detallado de la Utilización de la Capacidad de los Camiones

Los desplazamientos en camión revelan conclusiones significativas sobre la gestión operativa de la flota. Se muestra el cálculo teórico de la cantidad de viajes mensuales que tres camiones deberían llevar a cabo, considerando su capacidad y la cantidad de toneladas recolectadas. El camión 1, con una capacidad de carga de 11.42 toneladas y una recolección mensual de 198 toneladas, debería realizar aproximadamente 17.33 viajes según cálculos teóricos. El camión 2, con una capacidad inferior a 3.72 toneladas, recoge un total de 66 toneladas y se espera que realice aproximadamente 17.74 viajes según cálculos teóricos. En cuanto al Camión 3, con una capacidad de carga de 8 toneladas y una recolección total de 143 toneladas, se estima que debería realizar aproximadamente 17.87 viajes en teoría. Estos valores se calculan considerando que cada camión está transportando su máxima capacidad en cada trayecto, lo cual sirve como un punto de referencia para el funcionamiento óptimo de la flota. Se examina el uso de la capacidad de los camiones, evidenciando que ninguno está funcionando al máximo de su capacidad. El Camión 1 opera al 90% de su capacidad, transportando en promedio 10.28 toneladas por viaje. El Camión 2 opera a una capacidad del 60%, transportando 2.23 toneladas por viaje, mientras que el Camión 3 utiliza el 75% de su capacidad, con 6 toneladas por viaje. Estos datos indican que existe margen para optimizar la eficacia, dado que la capacidad sin utilizar conlleva desplazamientos adicionales y, por ende, gastos superfluos. Esta información resalta la importancia de modificar las operaciones con el fin de optimizar la utilización de los camiones.

También se describen los desplazamientos efectuados por cada vehículo en contraste con la cantidad de residuos recolectados mensualmente y la capacidad utilizada. El Camión 1 lleva a cabo 19.26 viajes efectivos para recoger un total de 198 toneladas, con una carga

promedio de 10.28 toneladas por viaje. En cuanto al Camión 2, lleva a cabo 29.59 viajes efectivos para recolectar únicamente 66 toneladas, lo que sugiere una notable ineficacia con una baja utilización de 2.23 toneladas por viaje. El Camión 3 lleva a cabo un total de 23.83 viajes para recoger un total de 143 toneladas, con un promedio de utilización de 6 toneladas por viaje. La información indica que, en la realidad, los camiones están llevando a cabo una cantidad de viajes mayor a la requerida, posiblemente debido a aspectos operativos como la falta de aprovechamiento total de la capacidad o la planificación inadecuada de rutas y cargas.

Por último, se evalúa la eficiencia de los desplazamientos al comparar los valores reales con los valores teóricos. El Camión 1 ha demostrado una eficiencia del 111.13%, lo cual indica que ha realizado un mayor número de viajes de los previstos. El segundo camión exhibe una notable falta de eficiencia, con un índice de eficiencia del 166.79%, lo cual indica un exceso considerable de viajes reales en relación con los planificados. El Camión 3 muestra una eficiencia del 133.35%, lo cual también señala una sobrecarga en su operación. Estos datos indican que los camiones, en particular el Camión 2, están llevando a cabo un número excesivo de viajes, lo cual está generando un aumento en los gastos operativos. Esto señala la importancia de optimizar las actividades para elevar la eficacia de la flota.

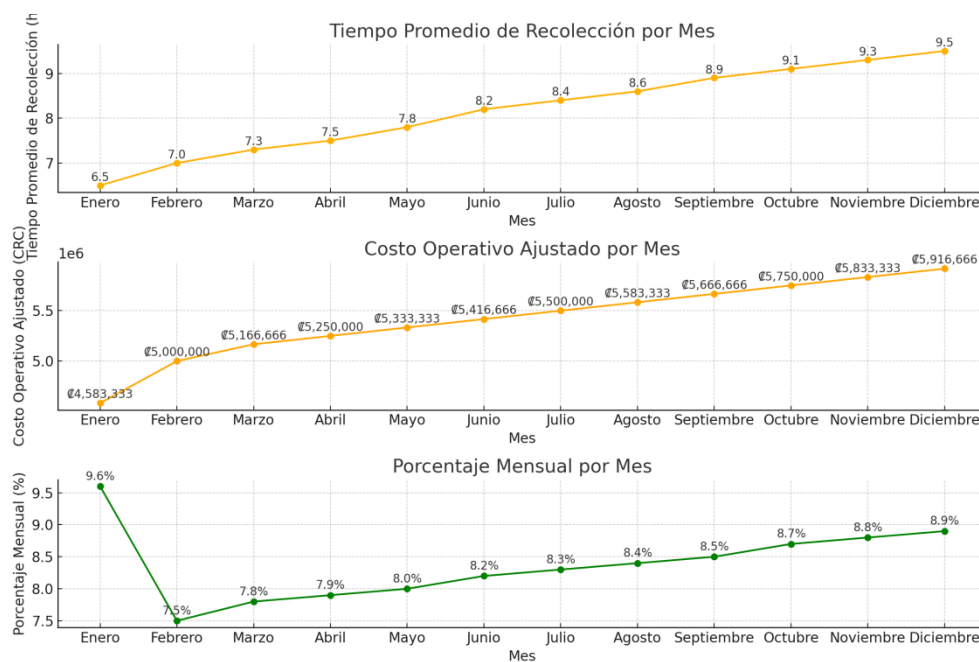
En general los datos ofrecen una representación clara de las deficiencias en el funcionamiento de la flota de camiones. Las diferencias entre los viajes planificados y los realizados, así como la escasa utilización de la capacidad, son aspectos fundamentales que requieren ser atendidos para incrementar la eficacia y disminuir los gastos operativos. Se pueden identificar oportunidades evidentes de mejora en la planificación de itinerarios y la distribución de carga, lo que posibilitará una utilización más eficiente de los recursos disponibles.

Tabla 17. Relación entre Costos y Tiempo de Recolección

| Mes | Tiempo Promedio de Recolección (horas) | Costo Operativo Ajustado (CRC) | Porcentaje Mensual (%) |
|------------|--|--------------------------------|------------------------|
| Enero | 6.5 | ₡4,583,333 | 9.6% |
| Febrero | 7.0 | ₡5,000,000 | 7.5% |
| Marzo | 7.3 | ₡5,166,666 | 7.8% |
| Abril | 7.5 | ₡5,250,000 | 7.9% |
| Mayo | 7.8 | ₡5,333,333 | 8.0% |
| Junio | 8.2 | ₡5,416,666 | 8.2% |
| Julio | 8.4 | ₡5,500,000 | 8.3% |
| Agosto | 8.6 | ₡5,583,333 | 8.4% |
| Septiembre | 8.9 | ₡5,666,666 | 8.5% |
| Octubre | 9.1 | ₡5,750,000 | 8.7% |
| Noviembre | 9.3 | ₡5,833,333 | 8.8% |
| Diciembre | 9.5 | ₡5,916,666 | 8.9% |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Figura 20. Relación entre Costos y Tiempo de Recolección



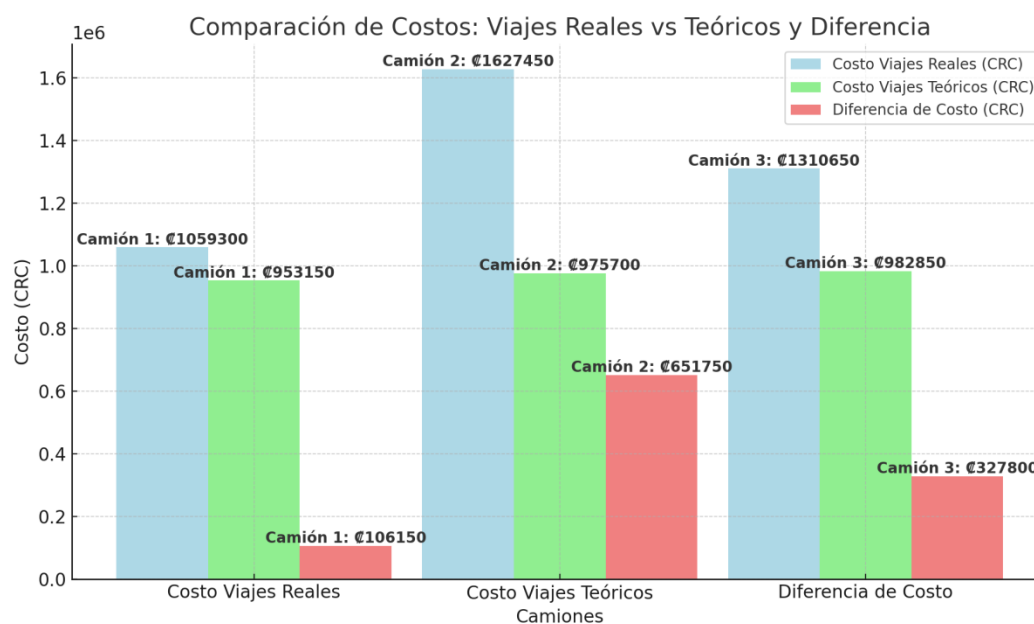
Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Tabla 18. Costos teóricos vs costos reales

| Camión | Viajes Reales | Costo Viajes Reales (CRC) | Viajes Teóricos | Costo Viajes Teóricos (CRC) | Diferencia Costo (CRC) |
|-----------------|---------------|---------------------------|-----------------|-----------------------------|------------------------|
| Camión 1 | 19,26 | ₡ 1 059 300,00 | 17,33 | ₡ 953 150,00 | ₡ 106 150,00 |
| Camión 2 | 29,59 | ₡ 1 627 450,00 | 17,74 | ₡ 975 700,00 | ₡ 651 750,00 |
| Camión 3 | 23,83 | ₡ 1 310 650,00 | 17,87 | ₡ 982 850,00 | ₡ 327 800,00 |
| Totales | 72,68 | ₡ 3 997 400,00 | 52,94 | ₡ 911 700,00 | ₡ 1 085 700,00 |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Nota: El costo de gastos diario se calcula según datos de MOPT para Camión de recolección

Figura 21. Costos teóricos vs costos reales

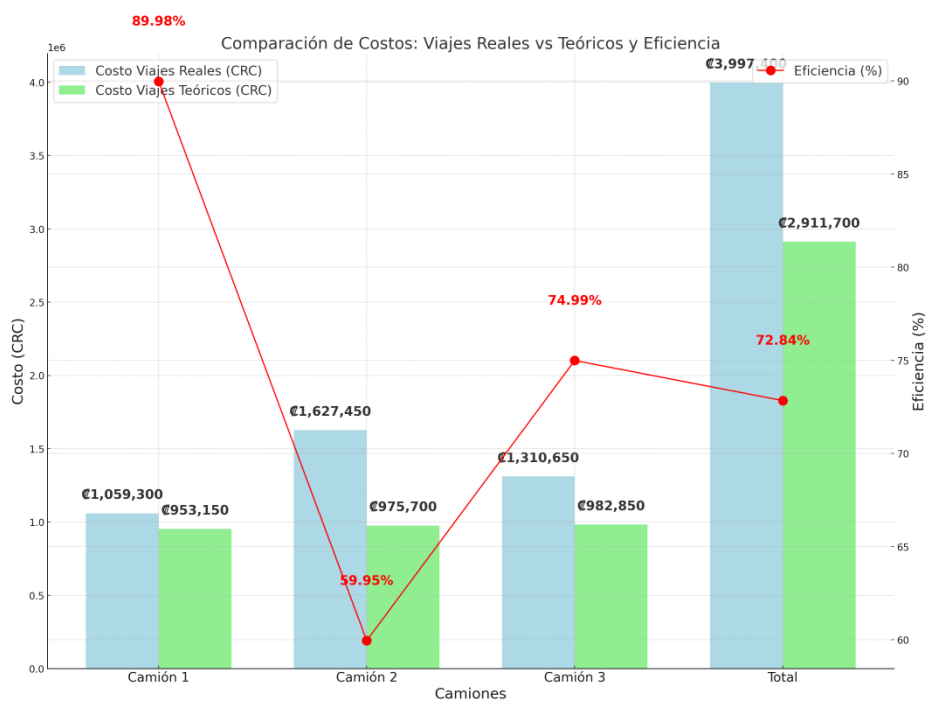
Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Tabla 19. Eficiencia de los Costos

| Camión | Costo Viajes Reales (CRC) | Costo Viajes Teóricos (CRC) | Eficiencia (%) |
|--------------|------------------------------|--------------------------------|----------------|
| Camión 1 | ₡ 1 059 300,00 | ₡ 953 150,00 | 89,98% |
| Camión 2 | ₡ 1 627 450,00 | ₡ 975 700,00 | 59,95% |
| Camión 3 | ₡ 1 310 650,00 | ₡ 982 850,00 | 74,99% |
| Total | ₡ 3 997 400,00 | ₡ 2 911 700,00 | 72,84% |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Figura 22. Eficiencia de los Costos



Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Análisis Detallado de la Relación entre Costos y eficiencia operativa

Los datos proporcionados una tendencia evidente en la correlación entre el tiempo de recolección, los gastos operativos y la eficacia en la operatividad de los vehículos de recolección de residuos de la Municipalidad de Esparza.

En primer lugar, según se observa que, a lo largo del año, a medida que pasan los meses se incrementa el tiempo promedio de recolección, también aumentan los costos operativos ajustados. Por ejemplo, durante los primeros meses del año, la duración de la recolección es más reducida, siendo de 6.5 horas en enero, y los costos asociados son inferiores, alcanzando los ₡4, 583,333. No obstante, durante el mes de diciembre, el tiempo requerido para la recolección asciende a 9.5 horas y el costo operativo ajustado alcanza la suma de ₡5, 916,666. La correlación creciente entre la duración de las operaciones y los gastos indica que la eficacia del sistema de recolección de residuos se reduce con el transcurso del tiempo. Esta disminución podría estar relacionada con el desgaste de los vehículos, un aumento en la cantidad de residuos o un incremento en la demanda del servicio.

También se muestra una comparación entre los costos operativos reales y los costos teóricos, evidenciando discrepancias importantes. Todos los camiones realizan más viajes de los planificados, lo cual resulta en costos adicionales. Por ejemplo, el camión1 lleva a cabo 19.26 viajes efectivos en comparación con los 17.33 planeados, lo que resulta en un exceso de costos de ₡106,150. El segundo camión, con 29.59 viajes efectivos en comparación con los 17.74 previstos, muestra la mayor discrepancia, resultando en un excedente de costos de ₡651,750. En conjunto, los camiones presentan una disparidad de ₡1, 085,700 entre los costos reales y los estimados. Esta disparidad evidencia una notable falta de eficiencia en la operación de los camiones, lo cual indica la urgencia de mejorar la planificación de las rutas, disminuir

los desplazamientos superfluos y optimizar el aprovechamiento de la capacidad de los vehículos.

Por otro lado, se evalúa la eficacia de los costos de cada camión. El Camión 1 muestra un nivel de eficiencia del 89.98%, siendo el más eficiente de los dos. Por otro lado, el Camión 2 presenta un nivel de eficiencia del 59.95%, siendo el menos eficiente de los dos. En términos generales, la eficiencia de la flota de camiones es del 72.84%, lo que sugiere que aproximadamente un 30% de los gastos operativos podrían ser reducidos si se mejorara la gestión de la operación. Esta falta de eficiencia conlleva gastos superfluos que impactan el presupuesto operativo de la Municipalidad y podrían disminuirse a través de una planificación y asignación de recursos más efectivas.

En general, el análisis global indica que los gastos operativos de los vehículos de recolección de residuos son superiores a lo previsto debido a un elevado número de viajes reales en contraste con los estimados, lo que ocasiona costos adicionales significativos. La eficacia de la operación no es la más adecuada, especialmente en el caso del Camión 2.

Mejorar la planificación de las rutas, así como gestionar de manera más efectiva el tiempo y la capacidad de los camiones, podría generar ahorros operativos significativos. Se sugiere realizar un análisis exhaustivo para determinar con precisión las razones de estas deficiencias y aplicar acciones correctivas que mejoren el funcionamiento global del sistema de recolección de residuos.

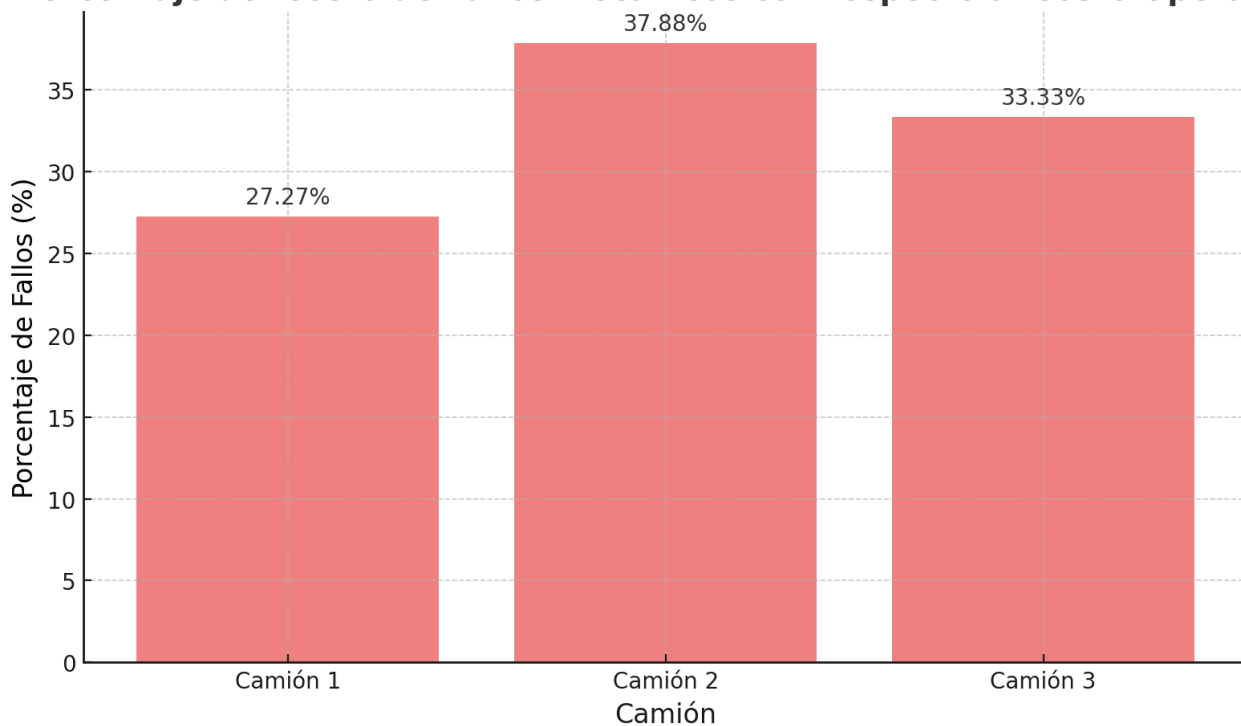
Tabla 20. *Correlación entre Fallos Mecánicos y Costos Operativos*

| Camión | Fallos Mecánicos | Costo Operativo (CRC) | Costo Total de Fallos (CRC) | Porcentaje de Fallos (%) |
|-----------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Camión 1 | 3 | ¢55000000 | ¢15000000 | 27.27% |
| Camión 2 | 5 | ¢66000000 | ¢25000000 | 37.88% |
| Camión 3 | 4 | ¢60000000 | ¢20000000 | 33.33% |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Figura 23. *Correlación entre Fallos Mecánicos y Costos Operativos*

Porcentaje del Costo de Fallos Mecánicos con respecto al Costo Operativo



Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Análisis Detallado de la Correlación entre Fallos Mecánicos y Costos Operativos

El Camión 1 ha sufrido tres fallas mecánicas a lo largo del año, generando un costo total de fallas de ₡15, 000,000. Esto equivale al 27.27% del costo operativo anual del camión, que es de 55, 000,000 colones. Este porcentaje indica que las fallas mecánicas representan una parte significativa de los costos operativos, lo que indica que el camión ha tenido problemas constantes que afectan los costos generales de mantenimiento. A pesar de que las fallas representan más de una cuarta parte de los costos, es crucial determinar si este nivel de incidencia es razonable dada la edad del vehículo y su uso intensivo.

El Camión 2 tiene cinco fallas mecánicas, lo que ha generado un costo total de fallas de ₡25.000.000,00 lo que equivale al 37.88% de su costo operativo anual, que es de ₡66.000.000,00. En comparación con otros camiones, este es el mayor porcentaje de fallas, lo que indica que el Camión 2 ha tenido un nivel de fallas muy alto, lo que ha aumentado significativamente los costos operativos. La necesidad de evaluar las condiciones del camión y su capacidad para operar sin interrupciones se refleja en el hecho de que más de un tercio del costo operativo total esté relacionado con fallas mecánicas.

El Camión 3 ha sufrido cuatro fallas mecánicas, lo que ha generado un costo total de fallas de 20 millones de colones, lo que representa el 33,33% del costo operativo anual, que es de 60 millones de colones. Este porcentaje indica que, a pesar de que el camión 2 tiene menos fallas que el camión 1, los costos de mantenimiento relacionados con estas fallas representan una parte significativa del costo operativo total. Este nivel de fallas mecánicas, al igual que en otros camiones, tiene un impacto significativo en los costos totales de operación.

Los costos operativos de cada camión se ven significativamente afectados por fallas mecánicas. En todos los casos, las fallas representan entre el 27% y el 38% del costo operativo

total anual, lo que indica que el mantenimiento y reparación de fallas mecánicas representa una gran parte de los recursos destinados a la operación de los camiones.

La incidencia de fallas mecánicas en el Camión 2 es la más alta, representando el 37.88% de sus costos operativos totales. Este alto porcentaje indica que este camión está experimentando problemas constantes que pueden aumentar los costos de mantenimiento y afectar la eficiencia de la operación y la disponibilidad del vehículo para cumplir con sus rutas asignadas.

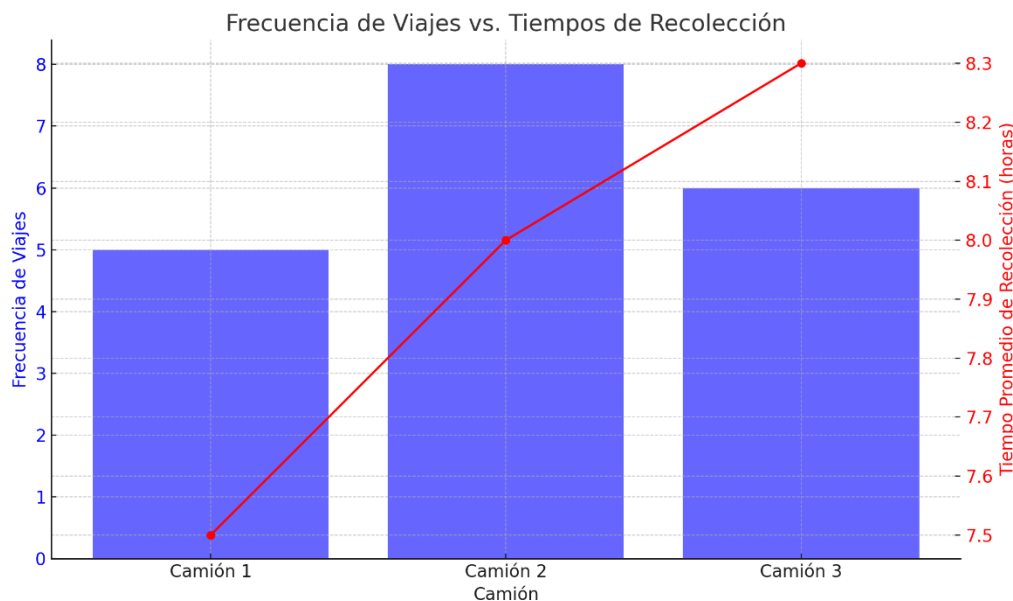
Las fallas mecánicas ocurren con mayor frecuencia en el Camión 2, representando el 37.88% de los costos operativos totales. Este alto porcentaje indica que este camión está experimentando problemas constantes, lo que puede aumentar los costos de mantenimiento y afectar la eficiencia de la operación y la disponibilidad del vehículo para cumplir con sus rutas asignadas.

Este análisis destaca la fuerte relación entre las fallas mecánicas y los costos operativos, así como cómo las averías en los camiones afectan directamente los recursos necesarios para mantener la flota en funcionamiento.

Tabla 21. *Frecuencia de Viajes vs. Tiempos de Recolección*

| Camión | Placa | Frecuencia de Viajes | Tiempo Promedio de Recolección (horas) |
|-----------------|--------------|-----------------------------|---|
| Camión 1 | 7448 | 5 | 7.5 |
| Camión 2 | 7127 | 8 | 8.0 |
| Camión 3 | 7389 | 6 | 8.3 |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Figura 24. *Frecuencia de Viajes vs. Tiempos de Recolección*

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Análisis Detallado de la Frecuencia de Viajes vs. Tiempos de Recolección

El Camión 1 hace en promedio cinco viajes, con un tiempo de recolección de 7,5 horas por viaje. Al tener la mayor capacidad de carga, este camión realiza menos viajes en comparación con los otros dos, lo que indica que puede cubrir más áreas o manejar mayores volúmenes de desechos en un solo viaje. El tiempo promedio de 7,5 horas indica que el camión está cerca de completar una jornada laboral completa en cada recolección, lo que podría reflejar una optimización de las rutas que le permite realizar viajes más largos, pero menos frecuentes.

El Camión 2 tiene una frecuencia de ocho viajes y un tiempo de recolección promedio de ocho horas por viaje. Al tener la menor capacidad de carga, este camión necesita hacer más viajes para cubrir la misma cantidad de desechos que los demás. El tiempo promedio de recolección de 8 horas indica que cada viaje requiere prácticamente una jornada laboral

completa, lo que podría reflejar un uso intensivo del camión, pero con una posible sobrecarga operativa debido a la alta frecuencia de viajes. Esto puede aumentar el desgaste del automóvil y los costos operativos.

El Camión 3 realiza en promedio 6 viajes, con un tiempo de recolección de 8.3 horas por viaje. A pesar de que este camión realiza más viajes que el Camión 1, el tiempo promedio de recolección supera las 8 horas. Esto podría indicar que el Camión 3 enfrenta rutas más largas o condiciones operativas más complicadas que prolongan el tiempo necesario para completar cada viaje. El hecho de que este camión realice más viajes que el Camión 1 pero tome más tiempo para cada uno puede indicar que debe optimizar sus rutas o revisar las condiciones en las que opera para reducir el tiempo de recolección.

El Camión 3 realiza 6 viajes en promedio, con un tiempo de recolección de 8.3 horas por viaje. Aunque este camión realiza más viajes que el Camión 1, el tiempo de recolección promedio supera las 8 horas. Esto puede indicar que el Camión 3 enfrenta rutas más largas o condiciones operativas más complejas que prolongan el tiempo necesario para completar cada viaje. El hecho de que este camión realice más viajes que el Camión 1 pero tome más tiempo para cada uno puede indicar que debe optimizar sus rutas o revisar las condiciones de su operación para reducir el tiempo de recolección.

El Camión 2, que tiene la menor capacidad de carga, realiza más viajes y, aunque tiene un tiempo promedio de recolección de 8.0 horas, cada viaje consume una jornada completa. Dado que el camión debe hacer más viajes para cumplir con las demandas de recolección, esto puede indicar una sobrecarga operativa, lo que a largo plazo podría afectar su eficiencia y mantenimiento.

El Camión 3 realiza 6 viajes, pero su tiempo promedio de recolección es el más largo, con 8.3 horas. Este hecho sugiere que podría haber oportunidades para optimizar las rutas asignadas a este camión, ya que está empleando más tiempo del necesario en cada recolección. La diferencia en el tiempo promedio de recolección entre los camiones podría reflejar variaciones en las rutas, en la densidad de residuos, o en las condiciones del terreno.

La capacidad de los camiones y las condiciones operativas de las rutas asignadas están estrechamente relacionadas con la frecuencia de viajes y el tiempo promedio de recolección, según este análisis. La optimización de las rutas y la distribución de los camiones según su capacidad y desempeño podría mejorar la eficiencia general del servicio de recolección en Esparza.

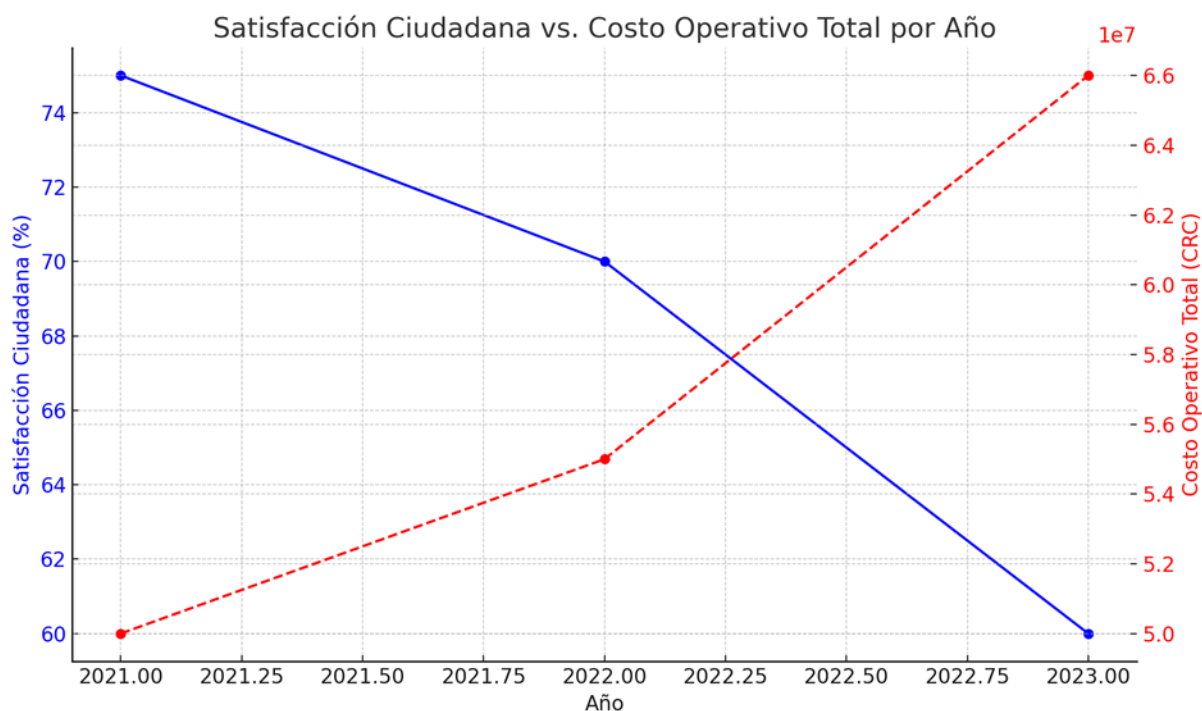
Tabla 22. *Satisfacción Ciudadana vs. Costos Operativos*

| Año | Satisfacción Ciudadana (%) | Costo Operativo Total (CRC) |
|-------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 2021 | 75% | ₡50000000 |
| 2022 | 70% | ₡55000000 |
| 2023 | 60% | ₡66000000 |

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023

Figura 25. Satisfacción Ciudadana vs. Costos Operativos

Fuente: Datos Municipalidad de Esparza, 2023



Análisis Detallado de la Satisfacción Ciudadana vs. Costos Operativos

La satisfacción ciudadana con el servicio de recolección de desechos fue del 75 % en 2021, con un costo operativo total de 50 millones de colones. El nivel más alto de satisfacción ciudadana se registró este año dentro del período analizado, lo que podría indicar que los costos operativos estaban alineados con un servicio que los ciudadanos consideraban eficiente y adecuado. Parece que la percepción de la calidad del servicio ha mejorado como resultado de la inversión realizada este año.

La satisfacción de los ciudadanos disminuyó al 70% en 2022, mientras que los costos operativos aumentaron a ₡55.000.000,00. Este descenso en la satisfacción, combinado con un aumento del diez por ciento en los costos, indica que los ciudadanos percibieron una disminución en la calidad o eficiencia del servicio a pesar de una mayor inversión. Este cambio podría ser el resultado de problemas operativos, como un aumento en los tiempos de recolección

o la frecuencia de fallas mecánicas, que han tenido un impacto negativo en la percepción del servicio.

La satisfacción ciudadana se redujo aún más al 60% en 2023, mientras que los costos operativos aumentaron a ₡66.000.000,00. El aumento del veinte por ciento en los costos en comparación con 2021, junto con una disminución del quince por ciento en la satisfacción ciudadana, indica una gran disparidad entre el gasto en el servicio y la percepción pública de su calidad. Los clientes creen que el servicio no ha mejorado a pesar del aumento de los costos operativos, lo que podría estar relacionado con ineficiencias operativas, tiempos prolongados de recolección o fallas en la gestión de rutas y camiones.

Desde 2021, la satisfacción ciudadana ha disminuido gradualmente, pasando del 75 % al 60 % en 2023, mientras que los costos operativos han aumentado de 50.000.000,00 ₡ a 66.000.000,00 ₡ durante el mismo período. Según esta tendencia, los ciudadanos no han notado mejoras en la calidad del servicio a pesar del aumento de los costos, lo que indica que los recursos adicionales no se han traducido en mejoras evidentes o perceptibles en la calidad del servicio.

Los costos operativos han aumentado un 32% en tres años mientras que la satisfacción ciudadana ha disminuido un 15%, lo que indica que hay ineficiencias en el servicio. Los ciudadanos podrían estar enfrentando problemas como retrasos en la recolección, falta de consistencia en el servicio o un aumento en las fallas mecánicas de los camiones, lo que puede afectar negativamente su percepción de la calidad del servicio.

La discrepancia entre el aumento de los costos y la satisfacción de los ciudadanos se muestra en los datos, lo que podría indicar que el dinero adicional invertido en el servicio no se está utilizando de la manera más efectiva. Esto demuestra la importancia de evaluar tanto el

costo total como la distribución de los recursos para mejorar la eficiencia y la percepción del servicio.

Este análisis indica que, a pesar del aumento significativo de los costos operativos, no se ha logrado mantener o mejorar la satisfacción de los ciudadanos. Esto indica que se requiere una revisión de la gestión y distribución de los recursos para lograr un servicio más eficiente y bien valorado por la comunidad.

4.1.4. Análisis de General

En este capítulo IV, se analizó la eficacia operativa del sistema de recolección de residuos sólidos en la Municipalidad de Esparza durante el año 2023. Mediante el empleo de herramientas como el análisis SIPOC y el diagrama de Pareto, se han identificado y jerarquizado los inconvenientes que inciden en la eficacia del servicio. En primer lugar, el análisis SIPOC facilitó la representación del proceso de recolección e identificó a los participantes fundamentales, como la Municipalidad de Esparza, el almacén central encargado de proveer vehículos y equipamiento, y las compañías de eliminación de residuos que gestionan los desechos recolectados. Se han identificado como elementos fundamentales las siguientes categorías: desechos sólidos comunes, desechos reciclables, recursos logísticos, personal de recolección y regulaciones municipales. Este análisis ha revelado que la principal razón de la ineficiencia es la deficiente planificación de las rutas de recolección, lo que conlleva a diversos inconvenientes como la extensión excesiva de las rutas, la acumulación de residuos que excede la capacidad de recolección y la asignación ineficiente de recursos.

A partir de este fundamento, se realizó un análisis utilizando el diagrama de Pareto con el fin de medir las causas de la falta de eficiencia. Los datos indican que la falta de planificación adecuada de rutas representa el 29% de las deficiencias en el sistema.

Esta falta de eficiencia ocasiona que los tiempos de desplazamiento sean más extensos, se requiera un mayor uso de recursos y los costos operativos sean más elevados. El veinticuatro por ciento de las ineficiencias se vinculan con desplazamientos superfluos, los cuales podrían ser evitados a través de una mejora en la planificación de las rutas. Estas deficiencias incrementan los gastos operativos, especialmente en lo que se refiere al combustible y al mantenimiento de los vehículos. Por otra parte, la falta de uso eficiente de los vehículos, que constituye el 18% de las ineficiencias, se debe a que ciertos camiones no aprovechan completamente su capacidad de carga. Por ejemplo, el vehículo número 2 tiene una capacidad de carga de 3.72 toneladas, sin embargo, su costo operativo es el más elevado dentro de la flota, llegando a ₡66000000 al año, lo que indica un uso poco eficiente del vehículo. Además, el 18% de las deficiencias están vinculadas con la frecuencia de desplazamientos superfluos, lo cual ocasiona una carga operativa adicional en los camiones, incrementando el deterioro de los vehículos. Las averías mecánicas constituyen el 12% de las deficiencias y se relacionan con el excesivo uso de los vehículos debido a una planificación deficiente de las rutas.

El estudio de los gastos operativos muestra un aumento notable del 32% entre los años 2021 y 2023. En el año 2021, el gasto operativo total fue de cincuenta millones de colones, mientras que en 2022 aumentó a cincuenta y cinco millones de colones, lo que equivale a un incremento del diez por ciento. En el año 2023, los gastos se elevaron a sesenta y seis millones de colones, lo que representa un aumento del veinte por ciento en comparación con el año anterior. Este incremento está directamente vinculado al aumento en la cantidad de desechos recogidos y a los inconvenientes operativos detectados.

El vehículo de carga número 1, con una capacidad de 11.42 toneladas, lleva a cabo 19.26 viajes mensuales en lugar de los 17.33 viajes teóricos previstos, lo que resulta en un

sobrecosto de ₡106150 en comparación con los costos estimados. El vehículo de carga número 2, con una capacidad de 3.72 toneladas, lleva a cabo 29.59 viajes efectivos al mes, superando significativamente los 17.74 viajes estimados, lo que resulta en un costo adicional de ₡651750. Este vehículo muestra la mayor falta de eficiencia en su funcionamiento, con un costo operativo anual de 66 millones de colones. El vehículo de transporte número 3, con una capacidad de carga de 8 toneladas, lleva a cabo 23.83 viajes reales en comparación con los 17.87 viajes estimados, lo cual resulta en un costo adicional de ₡327800. En conjunto, los camiones muestran un excedente de ₡1085700 en gastos operativos debido a los viajes suplementarios efectuados, lo cual evidencia una notable falta de eficiencia que requiere ser solucionada.

Los tiempos medios de recolección han experimentado un incremento de 6.5 horas en enero a 8.9 horas en septiembre, lo cual equivale a un aumento del 36.9% en el tiempo requerido para finalizar las rutas. Este aumento impacta de manera directa la eficacia del servicio, dado que en ciertos meses los tiempos de trabajo exceden las 8 horas, lo que resulta en costos operativos adicionales. Durante los primeros meses del año, los períodos de recolección se mantuvieron dentro de los límites previstos; sin embargo, a partir de junio empezaron a superar las 8 horas, lo cual sugiere una sobrecarga en el sistema. En enero, el índice de eficiencia era del 81.25%, pero en septiembre disminuyó al 111.25%. Esta situación indica que los camiones están funcionando por encima de su capacidad, lo cual impacta negativamente tanto en los costos operativos como en la capacidad de completar las rutas de forma eficaz.

El examen del uso de la capacidad de los camiones indica que existe la posibilidad de mejorar la eficiencia operativa. El Camión 1 carga el 90% de su capacidad total al transportar un promedio de 10.28 toneladas en cada viaje. El segundo camión opera a un nivel de capacidad del 60%, lo que resulta en un aumento de viajes y gastos operativos superfluos. El vehículo

denominado Camión 3 está utilizando el 75% de su capacidad de carga actualmente. Este dato sugiere que existe margen para optimizar la eficiencia del mencionado vehículo a través de una planificación más efectiva de las rutas. La falta de aprovechamiento total de la capacidad de carga está ocasionando un aumento en la cantidad de viajes y un incremento en los gastos operativos.

Otro aspecto importante es la reducción de la satisfacción de los ciudadanos en comparación con el incremento de los costos operativos. En el año 2021, la aprobación de los ciudadanos respecto al servicio de recolección de residuos era del 75%. Sin embargo, para el año 2022, esta cifra descendió al 70% y en 2023 se redujo aún más, alcanzando el 60%. Simultáneamente, los gastos de operación se incrementaron de cincuenta millones de colones en 2021 a sesenta y seis millones de colones en 2023. Esta discrepancia señala que, a pesar del aumento en los recursos asignados al servicio, la percepción de calidad ha disminuido, lo cual indica la necesidad de una gestión operativa más eficiente. Las dificultades como la falta de eficiencia en la planificación de las rutas, los largos tiempos de recolección y los fallos mecánicos está teniendo un impacto negativo en la opinión pública sobre el servicio, lo cual subraya la importancia de una mejora completa del sistema.

En general, los datos numéricos indican que las deficiencias en la planificación de las rutas, la falta de aprovechamiento total de la capacidad de los camiones y los desplazamientos no necesarios son causantes de una parte significativa de los costos adicionales y dificultades operativas en el sistema de recolección de residuos de la Municipalidad de Esparza. El aumento

del 32% en los gastos operativos durante el período de 2021 a 2023, así como la disminución en la satisfacción de los ciudadanos, subraya la urgencia de introducir mejoras en la planificación de las rutas, la optimización de la capacidad de los vehículos y una mayor eficacia en la gestión operativa. Estas medidas buscan reducir los costos y elevar la percepción de calidad del servicio por parte de la ciudadanía.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

CAPITULO V

5.1 DISEÑO DE LA PROPUESTA

En este capítulo se presenta una propuesta detallada para mejorar el proceso de recolección de residuos en la Municipalidad de Esparza, con el objetivo de disminuir gastos y aumentar la eficacia operativa. Con base en la evaluación previa de las dificultades identificadas, se van a poner en marcha nuevas tácticas que abarcan la reestructuración de los itinerarios y la asignación de los recursos, además del seguimiento de los plazos y gastos a través de indicadores fundamentales. A lo largo de este capítulo se describen las actividades requeridas para realizar dichas modificaciones, se detallan las herramientas a emplear, se establecen los plazos estimados y se designan los responsables de llevar a cabo cada tarea. La aplicación de estas modificaciones posibilitará una supervisión más estricta del procedimiento y el empleo de tecnología para mejorar la gestión de los recursos, lo que resultará en un sistema más eficaz y sostenible.

5.1.1. Propuesta 1. Diagrama de proceso (Rediseño del Proceso de Recolección de Residuos)

Con el propósito de aumentar la eficacia y disminuir los gastos operativos en el procedimiento de recolección de desechos sólidos en la Municipalidad de Esparza, se propone una nueva organización que modifica la secuencia de tareas, desde la asignación de recorridos hasta la eliminación definitiva de los desechos. Este nuevo diseño facilita una óptima administración de los recursos y un seguimiento más detallado de las operaciones. A continuación, se detallan cada una de las fases del procedimiento.

Asignación de Rutas

El procedimiento se inicia con la asignación de itinerarios, la cual es llevada a cabo por la Jefatura de Logística. En este momento, se están analizando las necesidades de recolección diaria en las distintas áreas del municipio, empleando información histórica sobre la cantidad de residuos generados, los tiempos de recolección anteriores y la disponibilidad de vehículos. La correcta asignación de rutas es esencial para garantizar una cobertura completa y la óptima utilización de la capacidad de los vehículos de transporte.

Verificación de los Vehículos

Antes de comenzar la recolección, se lleva a cabo la inspección de los vehículos. El personal encargado de las operaciones y el mantenimiento inspecciona las condiciones mecánicas de los camiones, garantizando que tengan el combustible necesario, que los equipos de seguridad funcionen correctamente y que los vehículos estén en óptimas condiciones para su viaje. Esta fase asegura que los vehículos puedan completar las rutas sin contratiempos ni fallos.

Salidas de camiones y recolección de desechos.

Una vez que los vehículos han sido inspeccionados, los camiones comienzan a recoger los desechos de acuerdo a las rutas asignadas. Los conductores y recolectores siguen una ruta establecida, haciendo paradas en los puntos de recolección programados con antelación. En cada parada, se recolectan los desechos siguiendo la cantidad estimada, asegurándose de no exceder la capacidad de los vehículos. Esta etapa se lleva a cabo siguiendo los plazos establecidos para cada ruta, maximizando la eficiencia en la carga de los camiones.

Registro en Bitácora

En el proceso de recolección, los conductores llevan a cabo un registro en la bitácora de control, en la cual registran la cantidad de residuos recogidos, el tiempo dedicado en cada punto de recolección, así como cualquier suceso o circunstancia inesperada que surja durante la ruta. Esta bitácora es un instrumento fundamental para supervisar el desempeño de las rutas y efectuar modificaciones cuando sea pertinente.

Monitoreo en tiempo real

El sistema de seguimiento en tiempo real permite supervisar el avance de cada vehículo a través del sistema de posicionamiento global (GPS). El Departamento de Logística se encarga de supervisar el cumplimiento de las rutas y horarios planificados, lo cual permite detectar posibles desviaciones o demoras. Este seguimiento constante también posibilita llevar a cabo modificaciones de manera inmediata, como la redistribución de rutas o vehículos, con el fin de asegurar la eficacia en la operación.

Llegada a la Estación de Transferencia o Vertedero

Al concluir el trayecto, los camiones se dirigen hacia las plantas de transferencia o vertederos para llevar a cabo la descarga de los desechos. En esta fase, se registra la cantidad total de desechos descargados, lo que facilita llevar un seguimiento preciso de los volúmenes recolectados diariamente. Estos datos son fundamentales para adecuar la capacidad operativa y optimizar la asignación de recursos en próximas operaciones.

Limpieza y mantenimientos de camiones

Una vez finalizada la etapa de recolección, se lleva a cabo la limpieza y el mantenimiento de los vehículos. El equipo de mantenimiento realiza una inspección exhaustiva y una limpieza completa de los camiones, garantizando que estén en óptimas condiciones para la jornada operativa siguiente. En esta etapa se atiende cualquier requerimiento de

mantenimiento preventivo o correctivo, lo cual ayuda a prevenir posibles fallas mecánicas durante la prestación del servicio.

Elaboración de informes

Por último, se recopilan todos los datos recopilados durante el día para elaborar informes. Estos informes, preparados por la Jefatura de Logística y los supervisores, contienen datos acerca de los horarios de recolección, la cantidad de viajes efectuados, la capacidad utilizada y cualquier incidente registrado. Los informes se emplean para efectuar modificaciones en la planificación operativa diaria y garantizar una mejora constante en el procedimiento de recolección.

Figura. 26. Diagrama de proceso (Rediseño del Proceso de Recolección de Residuos)



Fuente: Elaboración Propia, 2024

5.1.2. Propuesta 2. Diagrama de recorrido (Rediseño recorrido de rutas)

Para elaborar el diagrama de ruta de forma visual para cada vehículo, es fundamental contar con una clara estrategia sobre la asignación de las rutas y la representación visual de dichos recorridos en un diagrama. Aquí le explicaré los pasos y elementos importantes que debe incluir para elaborar el diagrama de forma visual, y le propondré una metodología para que sea efectivo y eficiente.

El municipio de Esparza, situado en la provincia de Puntarenas, está conformado por seis distritos: Espíritu Santo, San Juan Grande, Macacona, San Rafael, San Jerónimo y Caldera. Cada uno de estos distritos presenta particularidades geográficas y demográficas únicas, las cuales inciden directamente en la planificación de las rutas de recolección de residuos. Con el objetivo de mejorar la eficiencia en el uso de recursos, reducir los gastos operativos y garantizar una cobertura adecuada, se ha desarrollado un sistema de rutas que toma en cuenta la extensión territorial, la densidad de población, la cantidad de viviendas y la estimación de producción de residuos en cada distrito.

El propósito principal de esta propuesta es asignar las rutas de manera eficiente, asegurando que los vehículos de carga visiten las áreas más pobladas con mayor regularidad y se adapten a las necesidades particulares de cada distrito. A continuación, se detallan las características principales de cada distrito, las rutas designadas para los camiones y la frecuencia con la que se llevará a cabo la recolección.

El Distrito Espíritu Santo.

El distrito de Espíritu Santo es el más habitado del cantón, abarcando una superficie de 18.74 km², con alrededor de 21,081 residentes y 5,150 hogares. Con una densidad de población de 1,114.80 habitantes por kilómetro cuadrado, es imprescindible destinar una mayor cantidad

de recursos a este distrito. Las rutas de recolección en Espíritu Santo se llevarán a cabo diariamente, debido a la considerable cantidad de residuos producidos por su alta densidad de población y gran cantidad de viviendas.

El trayecto del vehículo de transporte que opera en esta zona abarca las zonas con mayor concentración de habitantes, como las comunidades de El Mojón, Mojoncito, El Tejar, La Riviera, Humo y Las Brisas. Estos puntos están ubicados en una proximidad cercana al centro de operaciones, lo que facilita la realización de recorridos eficaces y veloces. Se calcula que la distancia total a recorrer diariamente sea de alrededor de 25 kilómetros, visitando de forma eficiente todas las áreas importantes del distrito. La asignación de un camión de gran capacidad en Espíritu Santo garantiza el mantenimiento de la limpieza y el orden en las zonas más densamente pobladas del municipio (Municipalidad de Esparza, 2024).

Distrito de San Juan Grande

Con una superficie de 19.03 kilómetros cuadrados y una población de 5,655 habitantes, el distrito de San Juan Grande tiene una densidad de población de 302.20 habitantes por kilómetro cuadrado y aproximadamente 800 viviendas. A pesar de tener una menor densidad poblacional que Espíritu Santo, es imperativo llevar a cabo la recolección de residuos de manera eficaz, especialmente en las áreas de San Juan Grande y San Juan Chiquito.

Debido a la baja densidad poblacional y la escasa cantidad de residencias, se establecerá un servicio de recolección de basura cada dos días, con una distancia estimada de recorrido de 35 kilómetros por ruta. Esto posibilita abarcar las áreas más relevantes sin causar excesiva demanda en los recursos ni incurrir en gastos operativos elevados.

Las rutas han sido planificadas con el objetivo de optimizar la eficiencia y reducir al mínimo la distancia total que el camión debe recorrer (Municipalidad de Esparza, 2024).

El Distrito de Macacona

El área del distrito de Macacona abarca 34.1 km², con una población de 5,392 habitantes y un total de 1,800 residencias. La densidad de población de 158 habitantes por kilómetro cuadrado indica que este distrito tiene una distribución de viviendas más amplia. No obstante, dado el considerable número de residencias disponibles, se sugiere llevar a cabo la recolección de residuos con una frecuencia de un día sí y otro no, abarcando tanto el centro de Macacona como las zonas periféricas, como Los Nances, Paraíso, Alto de Conchal y La Angostura.

El trayecto del camión en Macacona abarcará alrededor de 50 kilómetros por ruta, esto se debe a la amplitud del distrito y la distribución dispersa de los lugares de recolección. La planificación de las rutas se enfoca en abarcar las zonas con mayor densidad de población y aquellas que producen más desechos, adaptando la frecuencia de recolección para reducir al mínimo los tiempos de operación (Municipalidad de Esparza, 2024).

Distrito de San Rafael

San Rafael es uno de los distritos menos poblados, con una población de 1,701 habitantes distribuidos en 34.31 km², lo que resulta en una densidad baja de 49.60 habitantes por km². Este distrito tiene un total de 650 residencias, distribuidas en zonas como Salitral, El Barón y el Asentamiento El Barón. Debido a la escasa densidad y la reducida cantidad de residuos producidos, se establecerá un servicio de recolección semanal.

El vehículo de carga recorrerá las áreas importantes de San Rafael en un trayecto total estimado de 50 kilómetros, abarcando tanto el centro del distrito como las zonas rurales más alejadas. Esta frecuencia de recogida garantiza que se conserve la higiene sin tener que asignar recursos excesivos a un área con poca generación de residuos (Municipalidad de Esparza, 2024).

El Distrito de San Jerónimo

El distrito de San Jerónimo es el de mayor extensión dentro del cantón, abarcando 49.06 km², sin embargo, es el menos habitado, con una población de 928 habitantes distribuidos en 280 viviendas. La densidad de población de 18.90 habitantes por kilómetro cuadrado señala una distribución muy dispersa de las viviendas, lo que resulta en una menor cantidad de residuos generados. Se sugiere establecer una frecuencia de recolección semanal de residuos, abarcando las áreas con mayor densidad de viviendas, tales como San Jerónimo, Cerrillos, Sabana Bonita y Peñas Blancas.

La distancia total que recorrerá el camión en San Jerónimo será de alrededor de 80 kilómetros, debido a las amplias distancias entre las residencias y la extensión del distrito. El vehículo designado tendrá una capacidad reducida, ajustada a la cantidad de residuos producidos, lo que facilitará la optimización de los recursos asignados a este distrito (Municipalidad de Esparza, 2024).

Distrito Caldera

El distrito de Caldera abarca una superficie de 62 km² y cuenta con una población de 3,958 habitantes distribuidos en 1,000 viviendas, lo que resulta en una densidad de población de 63.80 habitantes por km². Este distrito abarca tanto sectores residenciales como áreas comerciales e industriales, por lo que al planificar la recolección de residuos se deben tener en cuenta ambos tipos de zonas. Las áreas de vivienda, como Tivives, Villa Nueva y Mata de Limón, serán atendidas una vez por semana. En cambio, las zonas comerciales cerca del puerto de Caldera tendrán un servicio de recolección adaptado a la cantidad específica de desechos generados (Municipalidad de Esparza, 2024).

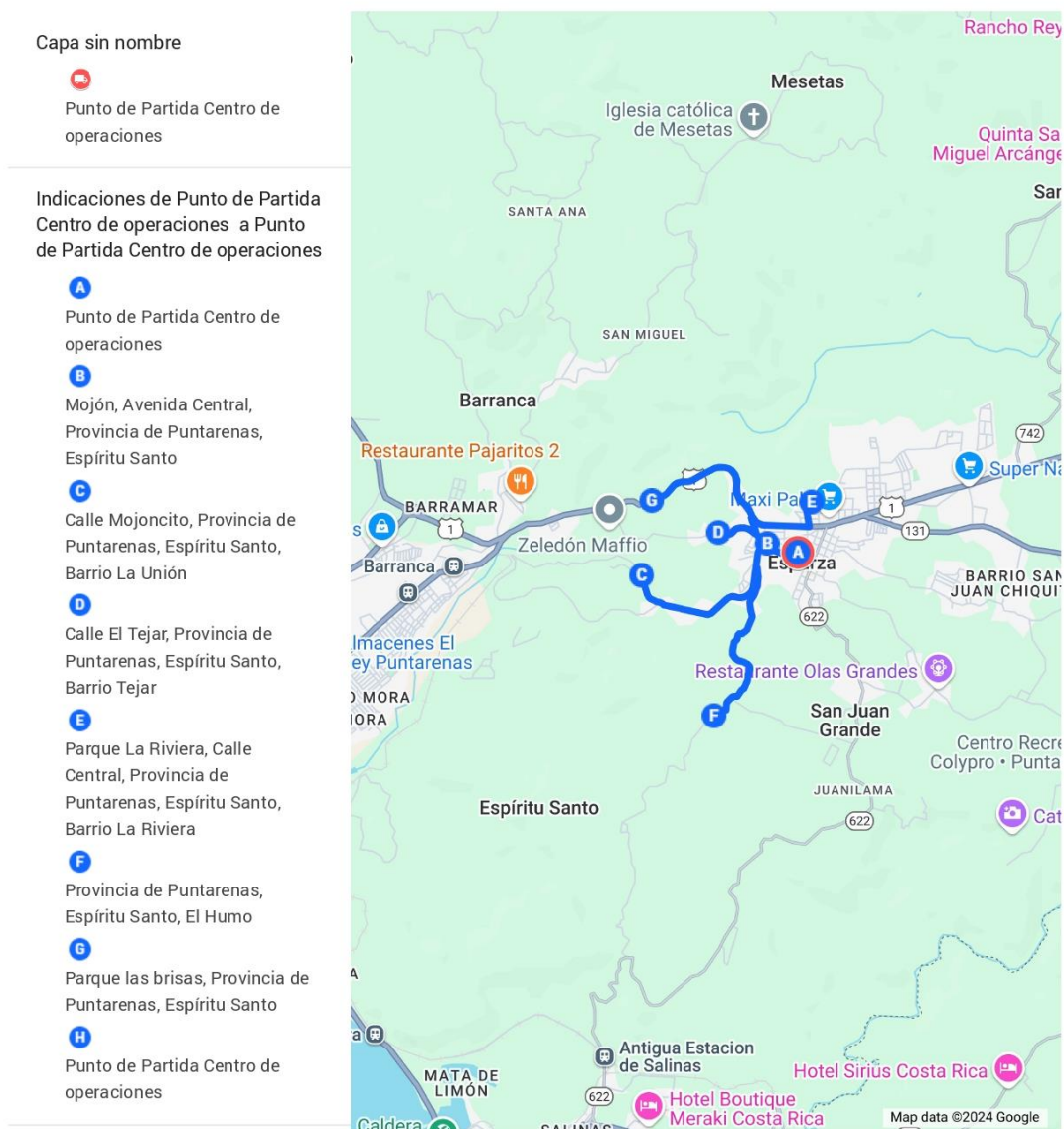
La planificación de las rutas de recolección para el municipio de Esparza ha sido elaborada considerando las particularidades demográficas y geográficas de cada distrito, con el fin de asignar los recursos de forma eficaz. Los camiones de mayor capacidad se destinan a los distritos con mayor densidad de población, como Espíritu Santo, mientras que los distritos con menor cantidad de habitantes, como San Jerónimo y San Rafael, serán recolectados semanalmente. El propósito es aumentar la eficiencia en la utilización de los recursos, disminuir los gastos operativos y asegurar la prestación adecuada del servicio de recolección de residuos en toda la municipalidad.

Este diagrama facilitará una planificación precisa y efectiva, la cual se plasmará en un diagrama visual que muestra detalladamente las rutas, distancias y frecuencia de operación de los camiones. Cada itinerario ha sido planificado para maximizar la eficiencia temporal y reducir al mínimo las distancias recorridas, adaptándose a las particularidades de cada distrito en función de su tamaño, población y producción de residuos.

Figura 27. Ruta 1 Camión 1 (Espíritu Santo) (Color Rojo)

Fuente: Creación Propia, 2024.

RUTA 1 CAMION 1



Camión 1 (color rojo): Su ruta cubriría Espiritu Santo con puntos marcados en las áreas de mayor concentración de viviendas, partiendo del centro y realizando un recorrido circular que abarque Las Brisas, El Mojón, y otros caseríos importantes. Su frecuencia es diaria.

Propuesta de Ruta:

Punto de partida: Centro de operaciones en Esparza.

Puntos de recolección (áreas clave):

El Mojón (2 km) desde el centro.

Mojoncito (3.5 km).

El Tejar (4 km).

La Riviera (5 km).

Humo y Las Brisas (8 km).

Recorrido total estimado (ida y vuelta): 25 km.

Frecuencia: Diaria, debido a la alta densidad de población y el número elevado de viviendas.

Espíritu Santo es el distrito más densamente poblado y requiere atención constante para evitar la acumulación de residuos. La cercanía entre las comunidades permite realizar recorridos diarios de manera eficiente, ya que el camión puede cubrir gran parte del distrito en un recorrido de ida y vuelta relativamente corto. Además, la gran cantidad de viviendas justifica el uso de camiones de alta capacidad.

Figura 28. Ruta 2 Camión 2(Macaconq) (Color Azul)

RUTA 2 CAMION

Capa sin nombre



Punto de partida: Centro de operaciones en Esparza.

Indicaciones de Punto de partida:
Centro de operaciones en Esparza. a La Angostura Park, Provincia de Puntarenas, Macacona, Angostura



Punto de partida: Centro de operaciones en Esparza.



Provincia de Puntarenas, Macacona



Los Nances Park, Provincia de Puntarenas, Macacona, Barrio Nances



La Angostura Park, Provincia de Puntarenas, Macacona, Angostura

Puntos de recolección en

Macacona:

Macacona centro (3 km) desde el centro.

Los Nances (6 km).

Paraíso (9 km).

Alto de Conchal (12 km).

La Angostura (15 km).

Distancia total estimada: 50

km (interdiaria en Macacona, semanal en San Rafael).

Moderada densidad

poblacional en Macacona, baja en San Rafael.

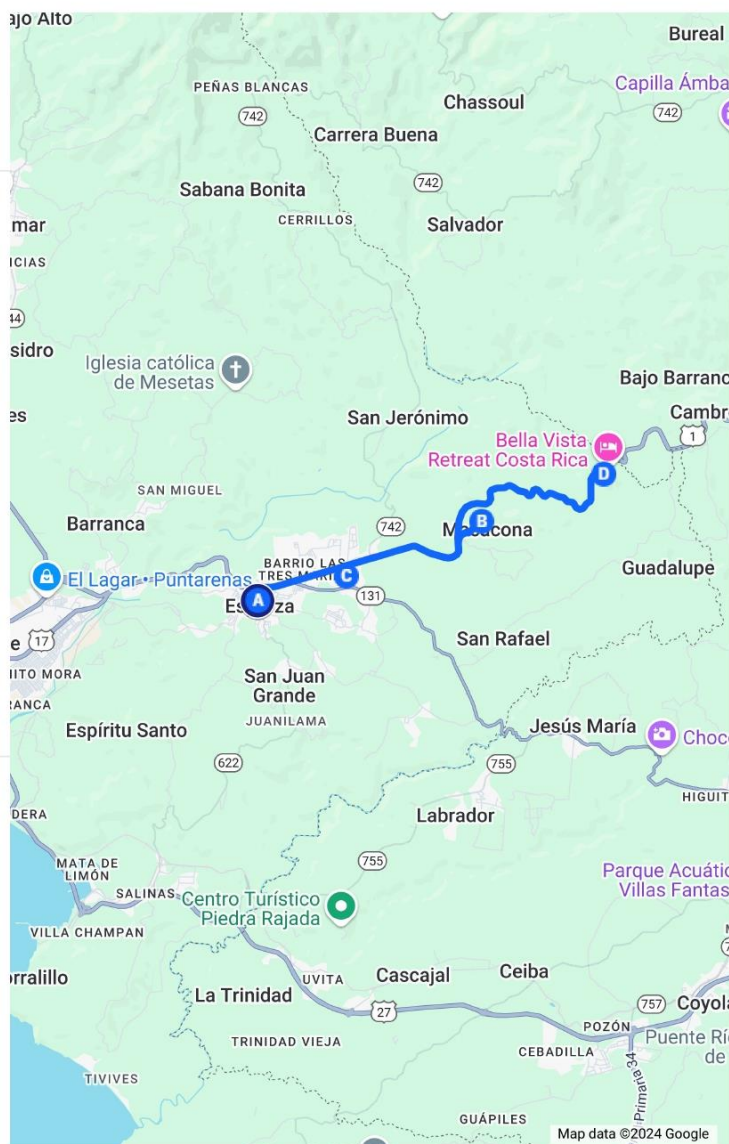


Figura 29. Ruta 2 Camión 2(San Rafael) (Color Azul)

RUTA 2 CAMION 2

Capa sin nombre



Punto de partida: Centro de operaciones en Esparza.

Indicaciones de Punto de partida:
Centro de operaciones en Esparza. a Parque Asentamiento El Barón, Provincia de Puntarenas, San Mateo, El Barón



Punto de partida: Centro de operaciones en Esparza.



San Rafael, Provincia de Puntarenas, Esparza

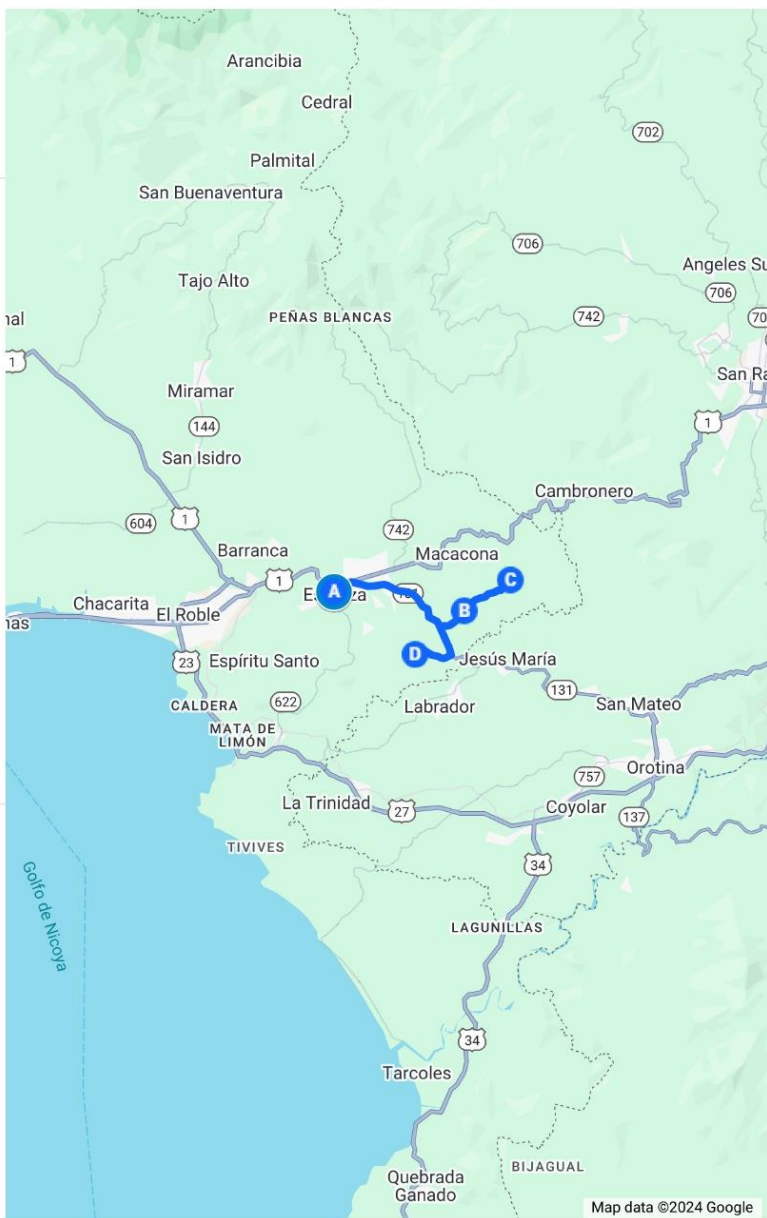


Plaza Fútbol Salitral, Provincia de Puntarenas, Macacona



Parque Asentamiento El Barón, Provincia de Puntarenas, San Mateo, El Barón

San Rafael centro (18 km).
Salitral (21 km).
Asentamiento El Barón (23 km).



Propuesta de Ruta:

Punto de partida: Centro de operaciones en Esparza.

Puntos de recolección en Macacona:

Macacona centro (3 km) desde el centro.

Los Nances (6 km).

Paraíso (9 km).

Alto de Conchal (12 km).

La Angostura (15 km).

Puntos de recolección en San Rafael:

San Rafael centro (18 km).

Salitral (21 km).

Asentamiento El Barón (23 km).

Recorrido total estimado (ida y vuelta): 50 km.

Frecuencia: Interdiaria en Macacona, semanal en San Rafael.

Macacona es un distrito más extenso, pero con una densidad de población moderada. Las rutas se pueden realizar cada dos días, priorizando las zonas con mayor número de viviendas. Por su parte, San Rafael, al tener una densidad poblacional mucho menor, puede ser cubierto una vez por semana, optimizando los recursos del camión. La distancia entre los puntos de recolección requiere una planificación cuidadosa para evitar viajes innecesarios.

Figura 30. Ruta 3, Camión 3 (Caldera (Color verde))

CAMION 3 RUTA 3

Capa sin nombre



Punto de partida: Centro de operaciones en Esparza.

Indicaciones de Punto de partida: Centro de operaciones en Esparza. a Provincia de Puntarenas, Esparza, Villa Nueva



Punto de partida: Centro de operaciones en Esparza.



Provincia de Puntarenas, Espíritu Santo, Caldera



Tivives, Provincia de Puntarenas



Provincia de Puntarenas, Esparza, Villa Nueva

Punto de partida: Centro de operaciones en Esparza.
Puntos de recolección en Caldera:
Caldera centro (10 km) desde el centro.
El Jocote (12 km).
Cascabela (14 km).
Tivives (16 km).
Villa Nueva (20 km).

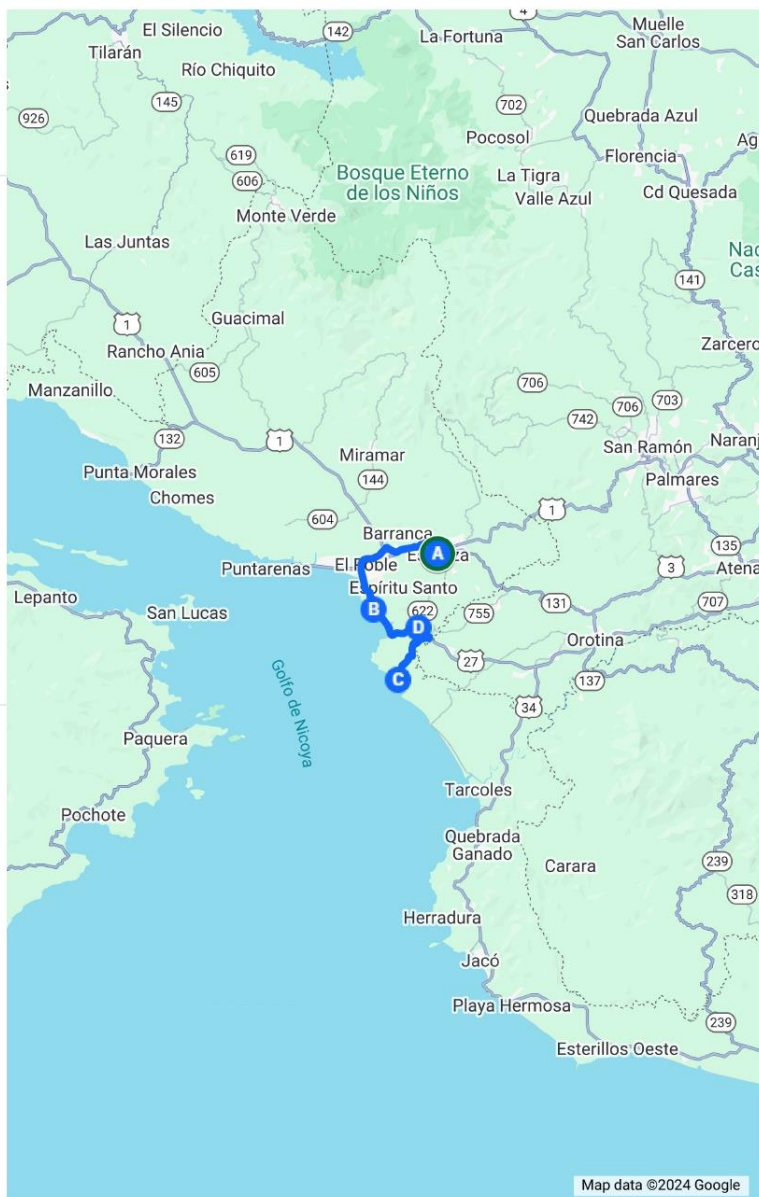
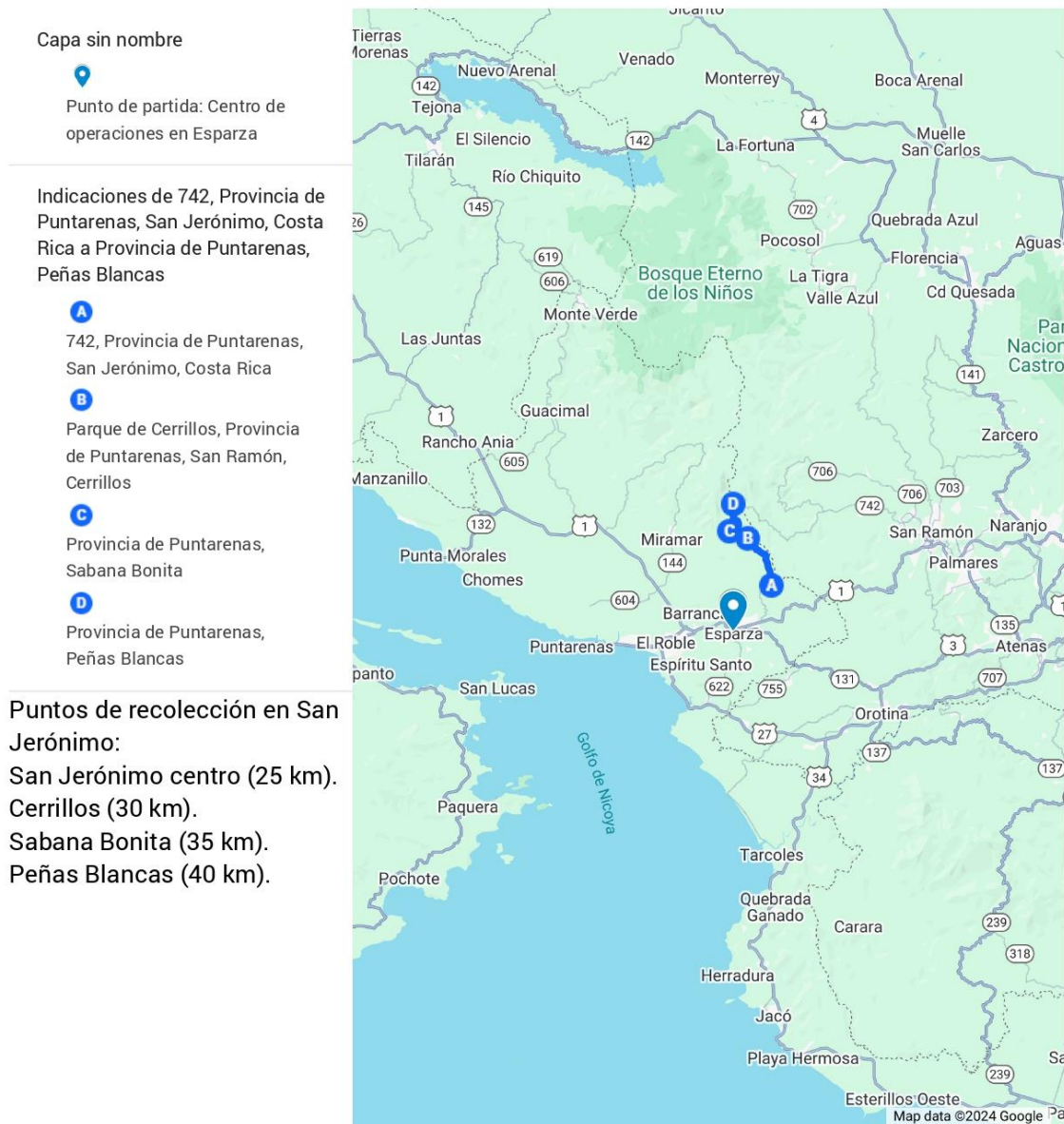


Figura 31. Ruta 3, Camión 3 (San Jerónimo) (Color verde)

RUTA 3 CAMION 3



Propuesta de Ruta:

Punto de partida: Centro de operaciones en Esparza.

Puntos de recolección en Caldera:

Caldera centro (10 km) desde el centro.

El Jocote (12 km).

Cascabela (14 km).

Tivives (16 km).

Villa Nueva (20 km).

Puntos de recolección en San Jerónimo:

San Jerónimo centro (25 km).

Cerrillos (30 km).

Sabana Bonita (35 km).

Peñas Blancas (40 km).

Recorrido total estimado (ida y vuelta): 80 km.

Frecuencia: Semanal en ambos distritos, debido a la baja densidad poblacional y el número reducido de viviendas.

Caldera y San Jerónimo son distritos de baja densidad poblacional y con grandes extensiones geográficas. Las rutas semanales serán suficientes para cubrir las necesidades de recolección de residuos, ya que la producción de residuos es menor en comparación con otros distritos. Además, las distancias entre las comunidades dentro de estos distritos son significativas, por lo que un servicio de frecuencia más alta no sería eficiente.

Propuesta de Distribución de las Rutas de Recolección (Lunes a sábado)**Lunes a Viernes:****Camión 1 – Espíritu Santo (Diaria)**

Lunes a viernes: Recolección diaria en las principales áreas de Espíritu Santo (El Mojón, Mojoncito, El Tejar, La Riviera, Humo y Las Brisas).

Este camión cubrirá diariamente las zonas densamente pobladas del distrito, asegurando una recolección constante de los residuos.

Camión 2 – Macacona (Interdiaria)

Lunes, miércoles y viernes: Recolección interdiaria en Macacona (Macacona centro, Los Nances, Paraíso, Alto de Conchal, La Angostura).

El recorrido se distribuye en días alternos, para mantener la eficiencia operativa y evitar sobrecarga de residuos.

Camión 3 – San Juan Grande (Interdiaria)

Martes y jueves: Recolección interdiaria en San Juan Grande (San Juan Chiquito y Juanilama).

Este camión cubrirá las áreas clave del distrito con una frecuencia ajustada a la menor densidad poblacional.

Viernes y sábado: Distritos de Baja Densidad (Recolección Semanal)**Camión 2 – San Rafael (Semanal)**

Viernes: Recolección semanal en San Rafael (San Rafael centro, El Barón, Asentamiento El Barón y Salitral).

Debido a la baja densidad y el menor volumen de residuos generados, un día a la semana es suficiente para este distrito.

Camión 3 – San Jerónimo (Semanal)

Sábado: Recolección semanal en San Jerónimo (Cerrillos, Sabana Bonita, Peñas Blancas y San Jerónimo centro).

Las rutas semanales cubrirán las zonas dispersas de este extenso distrito.

Camión 3 – Caldera (Semanal)

Sábado: Recolección semanal en Caldera (El Jocote, Tivives, Villa Nueva, Cascabela, Mata de Limón).

Al incluir zonas industriales y residenciales, la recolección semanal es suficiente para este distrito, considerando la baja densidad de viviendas.

Resumen de la Distribución:

Lunes a Viernes:

Camión 1 (Espíritu Santo): Recolección diaria en todo el distrito.

Camión 2 (Macacona): lunes, miércoles y viernes.

Camión 3 (San Juan Grande): martes y jueves.

Viernes y sábado:

Camión 2 (San Rafael): viernes.

Camión 3 (San Jerónimo): sábado.

Camión 3 (Caldera): sábado.

5.1.3. Propuesta 3. Hoja de Registro

El formulario de registro será empleado por el personal responsable de la recolección de residuos, en concreto por los conductores de los vehículos y los supervisores de la ruta. Esta herramienta facilitará la gestión detallada de las actividades diarias y los recursos empleados en cada desplazamiento. La información recopilada en este formulario será utilizada para analizar la eficacia de los recorridos, la utilización de los vehículos y la duración de cada día laboral. A continuación, se detallan los elementos fundamentales que conformarán la hoja de registro y su función.

Elementos de la Hoja de Registro

Fecha de Operación:

Se registrará la fecha en la que se realiza el servicio de recolección. Esto permite el seguimiento cronológico de las operaciones y facilita la planificación futura.

Número de Camión o Placa:

Cada camión de recolección será identificado por su número o placa. Esto asegura que los datos estén asociados correctamente con el vehículo asignado a la ruta, permitiendo el análisis de la eficiencia de cada camión.

Nombre del Conductor:

El conductor a cargo del camión será identificado en cada jornada. Esto facilita el seguimiento y la rendición de cuentas en caso de incidencias o desviaciones del itinerario.

Ruta Asignada (Distrito):

La hoja de registro debe detallar la ruta asignada, indicando el distrito específico (por ejemplo, Espíritu Santo, Macacona, etc.) y los puntos clave dentro del recorrido. Esto ayudará a garantizar que el camión cumpla con el itinerario preestablecido.

Hora de Inicio:

Se anotará la hora exacta en la que el camión inicia su recorrido desde el centro de operaciones. Este dato es esencial para controlar la puntualidad y el uso adecuado del tiempo durante la operación.

Hora de Finalización:

La hora de finalización indicará el momento en que el camión regresa al centro de operaciones o completa la descarga de residuos en la planta de transferencia o vertedero. Este dato permite calcular la duración total de la jornada.

Tiempo Total de Operación:

Calculado automáticamente a partir de la hora de inicio y finalización, el tiempo total de operación será registrado para medir la eficiencia de la ruta y detectar posibles desviaciones en los tiempos estimados.

Volumen de Residuos Recolectados (en toneladas):

El volumen de residuos recolectados en cada jornada será anotado en toneladas. Este registro es esencial para controlar la capacidad de los camiones y verificar que no se sobrecarguen. Además, permite realizar un análisis de la producción de residuos por distrito.

Paradas Realizadas:

Se anotarán las paradas que el camión realiza en los puntos de recolección durante su recorrido. Este dato ayuda a identificar si el camión cubrió todos los puntos programados o si hubo alguna omisión o desviación.

Combustible Consumido (en litros):

Se registrará la cantidad de combustible consumido durante el recorrido. Este dato es clave para medir la eficiencia del vehículo y su relación con la distancia recorrida.

Incidencias:

En esta sección, se anotarán cualquier tipo de incidencia o problema que haya ocurrido durante la operación. Esto puede incluir fallas mecánicas, retrasos, cambios en la ruta o problemas con el acceso a determinadas zonas.

Firma del Supervisor:

Una vez que la jornada haya concluido, el supervisor debe firmar la hoja de registro, verificando que los datos ingresados sean correctos y que el servicio se haya cumplido de acuerdo con lo programado.

Uso y Gestión de la Hoja de Registro**Recolección diaria de datos:**

La hoja de registro será completada al final de cada jornada por el conductor y revisada por el supervisor de la operación. El objetivo es llevar un control en tiempo real de las operaciones diarias, facilitando la detección de problemas como retrasos, uso excesivo de combustible o desviaciones de ruta.

Análisis semanal y mensual:

Los datos recogidos en las hojas de registro se compilarán en reportes semanales y mensuales, lo que permitirá realizar un análisis detallado de la eficiencia operativa. Con esta información, se podrán hacer ajustes en las rutas, la asignación de recursos o el mantenimiento de los vehículos, según sea necesario.

Digitalización de la hoja de registro:

Aunque la hoja de registro puede ser utilizada en formato físico, se recomienda la implementación de un sistema digital para la entrada y gestión de datos. Esto permitiría una

5.2. ANALISIS COSTO /BENEFICIO DE LAS PRPOUESTA

5.2.1. Propuestas # 1 Diagrama de proceso/ Propuesta # Diagrama de recorrido

(Combinada)

El objetivo de la Propuesta combinada es mejorar el procedimiento de recolección de desechos sólidos en el Cantón de Esparza. Esto se logrará mediante la integración de dos enfoques fundamentales: la reorganización de unidades y rutas (Propuesta #1) y la mejora de recorridos específicos (Propuesta #2). Al unir estas dos propuestas, se busca lograr una mejora integral del servicio, tanto en la planificación global de las rutas como en los recorridos efectuados por cada vehículo de carga. Esta medida no solo disminuirá los gastos de funcionamiento, sino que también mejorará la eficacia del servicio, lo cual será beneficioso tanto para la municipalidad como para los ciudadanos.

Asesoramiento para la planificación de itinerarios y trayectos.

Para llevar a cabo esta propuesta, es necesario contar con la colaboración de consultores expertos en logística y planificación de rutas. Estos expertos llevarán a cabo una evaluación del estado actual del servicio de recolección, analizarán los trayectos realizados por los vehículos y sugerirán una reestructuración integral de las rutas. El análisis comprenderá una exhaustiva revisión de las distancias recorridas, los tiempos de operación y las particularidades de cada distrito del cantón. Esta evaluación facilitará la identificación de las áreas en las que se pueden implementar mejoras con el fin de disminuir los tiempos de desplazamiento y las distancias superfluas, garantizando así que los recursos disponibles se empleen de forma eficaz.

El propósito de este análisis es desarrollar un diseño unificado que mejore la distribución de las unidades (camiones) y los recorridos, garantizando una cobertura eficiente de las áreas

más densamente pobladas y reduciendo al mínimo las rutas superfluas o mal planificadas. La contratación de una sola consultoría que se encargue de ambos aspectos (rutas y recorridos) posibilitará la disminución de gastos y tiempo, al evitar la repetición de servicios.

Aplicación informática para la optimización de trayectos.

La propuesta también contempla la incorporación de un programa informático especializado en la optimización de rutas, el cual posibilitará la planificación de los trayectos de forma más eficiente. Este programa considerará una variedad de elementos, tales como el tráfico, la capacidad de carga de los vehículos de transporte, las características topográficas y la cantidad de residuos en cada área urbana. Gracias a este software, se crearán rutas optimizadas que no solo disminuirán el uso de combustible, sino también los tiempos de operación y el desgaste de los vehículos.

El software unificado facilitará tanto la programación de las rutas de los vehículos de carga como la mejora diaria de los trayectos. Esto impedirá que los camiones realicen desplazamientos superfluos o recorran distancias excesivas para cumplir con sus áreas designadas. Mediante una herramienta tecnológica avanzada, la municipalidad podrá realizar modificaciones en tiempo real en caso de detectar variaciones en la cantidad de residuos o en las condiciones del tráfico, lo cual contribuirá a mejorar la eficiencia operativa.

Formación del personal en labores operativas.

Con el fin de garantizar la eficacia del rediseño de las rutas y la implementación del nuevo software, es fundamental que el personal operativo reciba una formación apropiada. Esta formación abarcará tanto la instrucción sobre el uso del software de optimización de rutas como la comprensión de los datos producidos por el sistema de monitoreo GPS. Los operadores y supervisores recibirán formación para administrar los trayectos de los camiones de manera

eficaz, asegurando el cumplimiento de las rutas previamente establecidas y la correcta utilización de los recursos disponibles.

El equipo de trabajo estará capacitado para realizar modificaciones según sea necesario, gracias al análisis de los datos en tiempo real. Esta habilidad permitirá corregir posibles fallos de forma inmediata, reduciendo las interrupciones y garantizando que los camiones funcionen de manera más eficaz.

Implementación de sistemas de monitoreo mediante el uso de tecnología GPS.

El sistema de monitoreo por GPS es una parte fundamental de la propuesta, ya que posibilitará la supervisión en tiempo real de los vehículos de recolección. Con esta herramienta, los supervisores podrán comprobar si los vehículos están siguiendo las rutas más eficientes y detectar posibles desviaciones o demoras en el servicio. Además, el seguimiento por GPS proporcionará información importante sobre la duración de las operaciones de los vehículos, las distancias recorridas y el consumo de combustible, lo que posibilitará la modificación constante de las rutas para asegurar la máxima eficiencia.

Este sistema de supervisión no solo posibilitará mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos, sino que también favorecerá el incremento de la transparencia y la supervisión de las actividades de recolección. La implementación de sistemas de posicionamiento global (GPS) en cada vehículo asegurará una supervisión detallada de los trayectos, lo que conducirá a una disminución de gastos y una prestación de servicios más eficiente para la población.

Ventajas de la Propuesta Integrada

La unión de estas dos propuestas proporciona una variedad de ventajas importantes para el funcionamiento del servicio de recolección de residuos.

Disminución en el uso de combustible: Al mejorar tanto la asignación de los vehículos como las rutas, se logrará una reducción significativa en el consumo de combustible. Esto se conseguirá al reducir las distancias recorridas y evitar desplazamientos superfluos.

Disminución de los gastos de mantenimiento: La reducción en los periodos de funcionamiento y la mejora de las rutas también reducen el desgaste de los vehículos, lo que a su vez disminuye la necesidad de realizar labores de mantenimiento preventivo y correctivo. La reducción en la utilización de los vehículos resultará en un ahorro considerable en los gastos de mantenimiento.

Optimización de los tiempos de operación: Mediante la planificación más eficiente de rutas y recorridos, los vehículos de carga podrán realizar sus labores en un período menor. Esto no solo aumentará la eficacia en las operaciones, sino que también disminuirá la dependencia de horas adicionales de trabajo.

Mejora en el control y monitoreo: La implementación del sistema de monitoreo GPS permitirá realizar un seguimiento continuo del desempeño de los vehículos y modificar las rutas en tiempo real con el fin de optimizar la eficacia.

La fusión de las Propuestas #1 y #2 en una única optimización integral posibilita un enfoque más eficaz y rentable para la recolección de residuos. Al combinar la consultoría, el software y la formación del personal, se previene la repetición de gastos y se garantiza una mejora tanto en la planificación de las rutas como en los trayectos específicos.

Tabla 23. *Costos Iniciales*

| Descripción | Costo (C\$) |
|--|--------------------|
| Consultoría logística para rediseño de rutas | C\$ 800 000,00 |
| Software de optimización de rutas (único pago) | C\$ 1 500 000,00 |
| Capacitación del personal operativo | C\$ 300 000,00 |

| | |
|--|-----------------------|
| Desarrollo de sistema de registro digital/manual | ₡ 500 000,00 |
| Consultoría para diagramas (tiempo y personal especializado) | ₡ 400 000,00 |
| Sesiones de formación y material explicativo | ₡ 300 000,00 |
| Total | ₡ 3 800 000,00 |

Fuente: Creación Propia, 2024

Tabla 24. Costos Operativos

| Descripción | Costo Mensual (₡) |
|---|--------------------------|
| Combustible (optimizado con ahorro del 18%) | ₡ 1 036 480,00 |
| Mantenimiento (reducción en 27%-38%) | ₡ 547 500,00 |
| Monitoreo y control (GPS) | ₡ 150 000,00 |
| Salarios del personal operativo | ₡ 3 000 000,00 |
| Total | ₡ 4 733 980,00 |

Fuente: Creación Propia, 2024

Tabla 25. Beneficios

| Descripción | Beneficio Mensual (₡) por camión |
|---|---|
| Ahorro en combustible (18%) por camión | ₡ 75 840,00 |
| Ahorro en mantenimiento preventivo (27%) por camión | ₡ 67 500,00 |
| Reducción de tiempos de operación por camión | ₡ 33 333,33 |
| Total x camión | ₡ 176 673,33 |
| Total 3 camiones | ₡ 530 020,00 |

Fuente: Creación Propia, 2024

5.2.2. Propuestas # 3 Hoja de Registro

El objetivo de la Propuesta #3 es establecer una planilla de registro que facilite el seguimiento detallado de los procedimientos de recolección de residuos. Este formulario de registro, ya sea en formato digital o manual, tendrá como objetivo principal la recopilación de datos importantes, como los horarios de funcionamiento de los vehículos, el desempeño de los

recorridos, las paradas no planificadas y cualquier suceso relevante. Esto asegurará que el servicio sea supervisado de forma eficaz, posibilitando que el equipo directivo acceda a información actualizada y precisa para la toma de decisiones.

Mediante el formulario de registro, los encargados de la operación podrán monitorear la eficiencia diaria de los vehículos de carga en tiempo real. El monitoreo exhaustivo de cada trayecto facilitará la identificación de posibles obstáculos, demoras en el servicio y errores operativos que puedan impactar la eficacia global. Al disponer de un registro continuo de los datos operativos, será posible realizar ajustes de manera inmediata con el fin de mejorar el desempeño y optimizar las rutas.

Este sistema será utilizado por el personal de campo y los supervisores encargados de las rutas de recolección. El personal encargado de la operación será responsable de introducir la información de cada trayecto, mientras que los supervisores podrán acceder a dicha información para analizarla y efectuar las modificaciones pertinentes. Además, el sistema permitirá identificar tendencias en las operaciones, lo que posibilitará una mejora constante en la prestación del servicio.

La utilización de un formulario de registro contribuirá significativamente a la optimización del servicio de recolección. Al identificar de forma rápida las deficiencias en las rutas, se podrá adaptar las operaciones para optimizar la utilización de los recursos disponibles. Esto resultará en una disminución de los períodos de inactividad, menos desplazamientos innecesarios y una reducción del desgaste de los camiones, lo cual mejorará tanto la productividad como la sostenibilidad del servicio.

Otra ventaja significativa es la disminución de los gastos relacionados con averías mecánicas y el mantenimiento preventivo. Al mantener un seguimiento continuo de la

operación, será posible identificar de manera rápida las áreas con dificultades y tomar medidas correctivas antes de que se agraven. Esto permitirá reducir el tiempo en que los camiones no están operativos y los gastos asociados con reparaciones imprevistas.

La tercera propuesta de implementar un formulario de registro es fundamental para mejorar el control sobre el funcionamiento del servicio de recolección. No solo contribuirá a mejorar la eficiencia en las operaciones, sino que también ayudará a disminuir gastos y prevenir fallas en el servicio. Esta propuesta tendrá un impacto positivo en la mejora de la calidad del servicio brindado a la comunidad y en la eficiencia en la utilización de los recursos disponibles por parte del municipio.

Tabla 26. *Costos Iniciales y operativos*

| Concepto | Costo (COP) | Frecuencia |
|---|-----------------------|-------------------|
| Desarrollo del sistema de registro (digital/manual) | COP 500 000,00 | Costo Único |
| Actualización y mantenimiento del sistema de registro (digital) | COP 50 000,00 | Costo Mensual |
| Tiempo del personal para ingresar datos | COP 25 000,00 | Costo Mensual |
| Total | COP 575 000,00 | |

Fuente: Creación Propia, 2024

Tabla 27. *Costos Iniciales y operativos*

| Concepto | Beneficio Mensual (COP) |
|--|--------------------------------|
| Ahorro en optimización de rutas y reducción de tiempos muertos | COP 50 000,00 |
| Reducción de costos por fallos operativos | COP 30 000,00 |
| Mejora en la eficiencia operativa | COP 25 000,00 |
| Total | COP 105 000,00 |

Fuente: Creación Propia, 2024

5.2.3. Costo Total Beneficio/Costo

Los costos totales de las Propuesta combinada #1 y # 2 y la #3 tienen como objetivo mejorar el procedimiento de recolección de desechos en el cantón de Esparza mediante la reorganización de las rutas y la introducción de una hoja de registro para supervisar las operaciones. Estas propuestas colaboran de manera conjunta para incrementar la eficacia, disminuir gastos y garantizar una supervisión continua de las operaciones. Esto facilitará la detección temprana de posibles fallos y la modificación de las rutas de forma inmediata.

En la Propuesta #1 y # 2 se sugiere una reestructuración de los recorridos de recolección mediante la contratación de servicios de consultoría logística especializados y la implementación de un software destinado a la optimización de rutas. Esto posibilitará una distribución más eficaz de los camiones, disminuyendo tanto los tiempos de desplazamiento como el consumo de combustible y el deterioro de los vehículos. Mediante la optimización de los recorridos, se prevé aumentar considerablemente la eficiencia en las operaciones y disminuir los gastos a largo plazo.

La Propuesta #3 amplía este enfoque al incluir una planilla de registro que facilitará el seguimiento constante del desempeño de los camiones. Este sistema de registro, ya sea en formato digital o manual, se empleará para supervisar los horarios de funcionamiento, las rutas tomadas y cualquier eventualidad que surja durante las actividades diarias. Esta herramienta será fundamental para identificar deficiencias y realizar ajustes en las operaciones de manera inmediata. Al unir estas propuestas, se logra una solución completa que aborda tanto la planificación estratégica de las rutas como el control operativo diario. Esto conducirá a una

reducción de los gastos operativos, mejoras en la eficacia del servicio y una utilización más sostenible de los recursos.

En síntesis, la ejecución de ambas propuestas posibilitará una notable mejora en la administración del servicio de recolección de residuos, garantizando un mayor seguimiento de los procedimientos y produciendo ahorros significativos a largo plazo.

Tabla 28. *Costos totales de las propuestas*

| Concepto | Costo (₡) | Frecuencia |
|--|-----------------------|-------------------|
| Consultoría logística para rediseño de rutas | ₡ 800 000,00 | Costo Único |
| Software de optimización de rutas (único pago) | ₡ 1 500 000,00 | Costo Único |
| Capacitación del personal operativo | ₡ 300 000,00 | Costo Único |
| Desarrollo de sistema de registro digital/manual | ₡ 500 000,00 | Costo Único |
| Consultoría para diagramas (tiempo y personal especializado) | ₡ 400 000,00 | Costo Único |
| Sesiones de formación y material explicativo | ₡ 300 000,00 | Costo Único |
| Desarrollo del sistema de registro (digital/manual) | ₡ 500 000,00 | Costo Único |
| Total | ₡ 4 300 000,00 | |

Fuente: Creación Propia, 2024

Tabla 29. *Costos operativos totales de las propuestas*

| Concepto | Costo Mensual (₡) |
|---|--------------------------|
| Combustible (optimizado con ahorro del 18%) | ₡ 1 036 480,00 |
| Mantenimiento (reducción en 27%-38%) | ₡ 547 500,00 |

| | | |
|---|----------|---------------------|
| Monitoreo y control (GPS) | ₡ | 150 000,00 |
| Salarios del personal operativo | ₡ | 3 000 000,00 |
| Actualización y mantenimiento del sistema de registro (digital) | ₡ | 50 000,00 |
| Tiempo del personal para ingresar datos | ₡ | 25 000,00 |
| Total | ₡ | 4 808 980,00 |

Fuente: Creación Propia, 2024

Tabla 30. Beneficios totales de las propuestas

| Concepto | Beneficio Mensual (₡) |
|--|------------------------------|
| Ahorro en optimización de rutas y reducción de tiempos muertos | ₡50 000,00 |
| Reducción de costos por fallos operativos | ₡30 000,00 |
| Mejora en la eficiencia operativa | ₡25 000,00 |
| Ahorro en combustible por camión | ₡227 520,00 |
| Reducción en costos de mantenimiento | ₡202 500,00 |
| Reducción de tiempos de operación | ₡99 999,99 |
| Total | ₡635 019,99 |

Fuente: Creación Propia, 2024

5.3. GESTION DE PROPUESTA DURANTE EL TIEMPO

La administración de las sugerencias para mejorar la recolección de desechos sólidos en el Cantón de Esparza se llevará a cabo en múltiples etapas, garantizando una ejecución eficaz y cumpliendo con los plazos establecidos. Las tareas comprenden la elaboración de un plan inicial, la creación y modificación de recorridos, la formación del personal y la supervisión constante de los resultados para asegurar la eficacia del sistema.

5.3.1. Gestión Propuestas de Tiempo

Figura 34. *Gantt #1 (Diagrama de Proceso)*

| Tarea | Inicio | Fin | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 | Semana 7 | Semana 8 | Semana 9 | Semana 10 |
|-----------------------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Contratación de consultoría | Semana 1 | Semana 1 | | | | | | | | | | |
| Implementación del software | Semana 2 | Semana 3 | | | | | | | | | | |
| Capacitación del personal | Semana 4 | Semana 5 | | | | | | | | | | |
| Rediseño final y ejecución | Semana 6 | Semana 8 | | | | | | | | | | |
| Monitoreo y ajustes | Semana 9 | Semana 10 | | | | | | | | | | |

Fuente: Creación Propia, 2024

Figura 35. *Gantt #2 (Diagrama de Recorrido)*

| Tarea | Inicio | Fin | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 | Semana 7 |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Análisis de recorridos | Semana 1 | Semana 2 | | | | | | | |
| Optimización de rutas | Semana 3 | Semana 4 | | | | | | | |
| Capacitación del personal | Semana 4 | Semana 4 | | | | | | | |
| Implementación de mejoras | Semana 5 | Semana 6 | | | | | | | |
| Supervisión y seguimiento | Semana 7 | Semana 7 | | | | | | | |

Fuente: Creación Propia, 2024

Figura 36. *Gantt #3(Hoja de Registro)*

| Tarea | Inicio | Fin | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 |
|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Desarrollo del sistema de registro | Semana 1 | Semana 1 | | | | | |
| Capacitación en el uso del sistema | Semana 2 | Semana 2 | | | | | |
| Implementación y pruebas | Semana 3 | Semana 3 | | | | | |
| Monitoreo continuo | Semana 4 | Semana 5 | | | | | |
| Ajustes y mejoras | Semana 5 | Semana 5 | | | | | |

Fuente: Creación Propia, 2024

5.4. GESTION DE CONTROL Y MONITOREO

5.4.1. Propuesta 1: Optimización de Rutas de Recolección (Combinada)

KPIs para la Optimización de Rutas

Tiempo promedio de recolección:

Definición: Duración media que requiere un camión para finalizar su recorrido.

Meta: Disminuir el tiempo medio de recolección en un 15% durante los primeros 4 meses.

Monitoreo: Es importante examinar de manera semanal los informes de las rutas a través del sistema de GPS que está instalado en los vehículos.

Costo operativo por kilómetro recorrido:

Definición: El gasto total de operación (incluyendo combustible, mantenimiento y personal) por cada kilómetro recorrido por los camiones de recolección.

Meta: Reducir los gastos en un 10% durante el primer semestre.

Monitoreo: Es importante examinar de manera mensual los reportes de gastos relacionados con el mantenimiento y el combustible de cada ruta.

Satisfacción de los residentes:

Definición: Nivel de satisfacción de los ciudadanos con el servicio de recolección de residuos (evaluado a través de encuestas realizadas de forma periódica).

Meta: Incrementar el índice de satisfacción en un 20% durante los primeros seis meses.

Monitoreo: Llevar a cabo encuestas semestrales en las comunidades y luego comparar los resultados con la situación previa a la mejora de las rutas.

Sistema de Monitoreo

Sistema GPS en los camiones: Supervisar en tiempo real el avance de las rutas, garantizando que los vehículos sigan los trayectos más eficientes. Se elaborarán informes semanales con el fin de evaluar la duración de la recolección en cada ruta.

Revisión semanal de tiempos de recolección: Se llevarán a cabo reuniones semanales con los supervisores del departamento para analizar el cumplimiento de los objetivos de tiempo y realizar modificaciones en las rutas si fuera preciso.

Auditoría mensual de costos operativos: Calcular los gastos de combustible y mantenimiento por cada kilómetro recorrido, con el propósito de detectar y solucionar posibles ineficiencias.

Propuesta 2: Reducción de Costos Operativos

KPIs para la Reducción de Costos

Reducción de costos de mantenimiento vehicular:

Definición: Reducción en los gastos de mantenimiento de la flota de vehículos de carga tras la puesta en marcha de la mejora de las rutas.

Meta: Disminuir los gastos en un 10% durante el primer año.

Monitoreo: Análisis trimestral de los informes de mantenimiento de vehículos y análisis comparativo de los costos previos a la optimización.

Eficiencia en el uso del combustible:

Definición: Reducción en el consumo de combustible al seguir una ruta optimizada.

Meta: Incrementar la eficiencia en el consumo de combustible en un 12% durante los primeros seis meses.

Monitoreo: Examinar los informes mensuales sobre el consumo de combustible por vehículo, realizando el cálculo del rendimiento por cada kilómetro recorrido.

Sistema de Monitoreo

Panel de control de indicadores: Se establecerá un panel que integre la información de los sistemas de seguimiento por GPS y los gastos operativos, posibilitando una comprensión precisa del cumplimiento de los indicadores clave de rendimiento.

Revisión trimestral de costos: Se realizarán reuniones trimestrales con el fin de analizar los gastos operativos totales y modificar las estrategias de mantenimiento en caso de que los costos excedan las previsiones.

Evaluaciones semestrales: Llevar a cabo evaluaciones semestrales con el fin de medir de manera efectiva la disminución de costos y el progreso hacia los objetivos establecidos.

**CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se prevé que la aplicación de la optimización de las rutas de recolección de residuos sólidos pueda disminuir de manera considerable el tiempo medio de recolección. Según el análisis previo, se estima que, mediante una redistribución apropiada de las rutas, sería posible alcanzar una disminución del 15% en los tiempos de operación. Esta mejora ayudaría a incrementar la eficacia del servicio proporcionado por la Municipalidad de Esparza. Ahora bien, al disminuir el tiempo de operación este decremento podría utilizarse eventualmente en la asignación de otros recursos como lo son: construcción de parques recreativos para niños, limpieza de calles (incluye tala de árboles) y limpieza de alcantarillas o de caños. El ahorro obtenido según los cálculos realizados visibles en los gráficos anteriores no significa que el costo salarial debe reducirse, sino que dicha disminución debe invertirse como se mencionó en las líneas precedentes.
- Según el análisis de los costos vigentes, se calcula que la mejora de las rutas podría resultar en una disminución del 10% en los gastos operativos, especialmente en lo concerniente al consumo de combustible, mantenimiento de vehículos y la reducción de horas extraordinarias del personal. Esta medida tiene como objetivo generar un ahorro significativo que fortalecerá la sostenibilidad financiera del ayuntamiento. En otras palabras, el decremento del 10% en gastos de operación como lo es el tiempo extraordinario fortalecerá la solvencia económica (aumenta la liquidez puesto que el efectivo se verá incrementado) de la institución puesto que el tiempo extraordinario representa un aumento en las cargas sociales patronales que debe pagar todo patrono. Por otra parte, el ahorro en el consumo de combustible no solamente es ahorrarse el consumo como tal, sino también en

la parte económica debido a que en los últimos años el precio del combustible en nuestro país ha sido afectado por una variación en el precio final (incremento constante año a año) y que toda empresa en Costa Rica sufre estas variaciones en los precios. En cuanto al mantenimiento, se aclara que el mismo consiste en verificar y custodiar los vehículos con los que cuenta la institución, para así mantenerlos en condiciones óptimas, o sea, los colaboradores deben hacer conciencia en la forma en cómo deben ser utilizados de manera racional dichos vehículos por lo que probablemente el costo de mantenimiento se vea disminuido.

- Aunque el proyecto aún no se ha puesto en marcha, se prevé que los cambios en la distribución de las rutas mejoren la opinión que la ciudadanía tiene sobre el servicio de recolección. A través de estudios de satisfacción, se proyecta un incremento del 20% en la satisfacción de los residentes, debido a la previsión de un servicio más eficaz y constante en comparación con la situación actual. Esta situación se vio reflejado en los resultados obtenidos en el capítulo IV ya que se evidenció que los niveles de satisfacción disminuyeron si los costos operativos se vieron incrementados, en otras palabras, esto se debe al aumento en el tiempo de recolección de los desechos en las diferentes comunidades del cantón de Esparza puesto que la demora en el servicio produce como efecto dominó molestias en los ciudadanos.
- La disminución de los tiempos de operación y la optimización de los recursos logísticos pueden disminuir el uso de combustible y las emisiones de gases contaminantes, lo cual contribuye a los esfuerzos ambientales de la Municipalidad. Se estima que el proyecto tendrá un efecto positivo en la sostenibilidad del municipio al mejorar las rutas y reducir la utilización de recursos naturales. Esto significa que a menor uso de las unidades de

recolección menor será el grado de contaminación ambiental, por ejemplo: las unidades más antiguas y no contar con el mantenimiento adecuado producirá mayor contaminación en el medio ambiente.

- La reorganización de las rutas facilitará una mayor eficiencia en el uso de los camiones de recolección y del personal correspondiente, lo cual disminuirá la carga excesiva en ciertas zonas y mejorará la capacidad de los vehículos. Esta estructura organizativa mejorada ha sido diseñada con el objetivo de reducir los períodos de inactividad y aumentar la eficacia en la administración de desechos. Lo anterior, compromete al departamento de servicios programando y llevando un control adecuado en los tiempos de recolección de los desechos en las diferentes localidades, así como también utilizando los recursos humanos (personal) con los que dispone en la asignación de tareas relacionadas con la recolección.
- A pesar de que el proyecto aún no se ha puesto en marcha, el análisis preliminar sugiere que los objetivos propuestos, como la disminución de gastos, la optimización de trayectos y el aumento de la satisfacción de los ciudadanos, son factibles. La cuidadosa planificación y la utilización de herramientas como el análisis SIPOC y el diagrama de Pareto fortalecen la factibilidad de las mejoras sugeridas. Con base en los resultados obtenidos de las herramientas implementadas se establecieron los puntos a mejorar clasificándolos cuáles requieren de un inmediato cambio a fin de utilizar de manera eficaz y eficiente los recursos con los que dispone el departamento de servicios.
- Al mejorar la planificación de los recorridos y disminuir los tiempos de recolección, también se prevé una mejora en la administración del tiempo laboral del personal implicado. La reorganización de las rutas de trabajo posibilitará que los empleados cuenten con una distribución más equitativa de sus tareas, lo que debería reducir la dependencia de las horas

adicionales y favorecer el bienestar en el ámbito laboral. Esto, a su vez, podría favorecer una mayor motivación y eficiencia de los empleados. Sin embargo, cabe mencionar que la disminución de los tiempos de recolección y la administración del tiempo laboral del personal implicado fortalecerá la solvencia o liquidez económica (incremento de efectivo) de la institución ya que el no incurrir en pagos de tiempo extraordinario representaría una disminución en las cargas sociales patronales a las cuales está afecto todo patrono.

- Mediante la aplicación de metodologías como DMAIC y la atención a los indicadores clave de desempeño (KPIs), este proyecto puede promover una cultura de mejora constante en el área de recolección de residuos. La detección de áreas que requieran mejoras durante la ejecución no solo facilitará el logro de los objetivos establecidos, sino que también promoverá un enfoque metódico en la búsqueda de eficiencia a largo plazo. En el desarrollo del estudio se elaboraron hojas de registro donde se midieron los indicadores de rendimiento (tiempo total, volumen de recolección, paradas realizadas, combustible utilizado y los incidentes ocurridos) lo cual nos lleva a establecer el consumo en tiempo, combustible y demás para realizar comparaciones y establecer un juicio certero con el objetivo lograr una optimización eficaz y eficiente continua del proceso. Estas herramientas serán de gran legado para la institución ya que las mismas eventualmente podrían seguir siendo utilizadas a fin de establecer comparaciones estadísticas y minimizar posibles costos operativos que puedan afectar las finanzas de la institución.

6.2. RECOMENDACIONES

- Antes de iniciar el proyecto, es aconsejable implementar un sistema de seguimiento constante de los indicadores clave de rendimiento (KPIs), que posibilite la evaluación del

avance en la optimización de las rutas. Este sistema facilitará la detección de desviaciones y posibilitará la realización de ajustes durante la implementación con el fin de garantizar que las mejoras previstas se reflejen en resultados concretos.

- Para garantizar una transición sin contratiempos hacia la nueva disposición de rutas, es esencial brindar capacitación al personal encargado de la recolección sobre cómo operar las nuevas rutas y tecnologías correspondientes. La formación constante asegurará que el personal esté adecuadamente preparado para operar de forma eficaz en el nuevo sistema, reduciendo al mínimo la resistencia al cambio.
- Se sugiere llevar a cabo un análisis del estado actual de los camiones recolectores antes de comenzar el proyecto, con el fin de detectar posibles requerimientos de mantenimiento o reemplazo de vehículos. La eficacia de las rutas optimizadas estará fuertemente influenciada por el correcto funcionamiento de los camiones.
- Para aumentar al máximo los beneficios de la optimización de rutas, se sugiere la inversión en sistemas de seguimiento GPS y software de gestión de rutas en tiempo real. Estas herramientas posibilitarán la modificación de las rutas de forma dinámica, lo cual colaborará en el incremento de la eficacia operativa y la disminución de los tiempos de recolección durante todo el proceso de ejecución.
- Antes de implementar las mejoras en todas las rutas, se sugiere llevar a cabo una prueba inicial en una zona específica del cantón. Esto facilitará la detección de posibles inconvenientes operativos o logísticos no anticipados, y permitirá realizar modificaciones antes de implementar la mejora en las demás rutas.

- A corto plazo, se calcula que el proyecto necesitará inversiones en formación, tecnología y mantenimiento de vehículos. No obstante, a corto y largo plazo, se prevé que estos gastos sean equilibrados por la disminución de los costos de funcionamiento, lo que resultará en un ahorro constante para la Municipalidad. Es aconsejable contar con un plan de financiamiento bien definido para las fases iniciales del proyecto, garantizando que las inversiones requeridas se lleven a cabo de forma organizada y sin perjudicar otras áreas fundamentales de la Municipalidad.
- Se sugiere implementar un sistema de monitoreo constante para evaluar la satisfacción de los ciudadanos antes, durante y después de la ejecución del proyecto. Esto posibilitará adaptar las estrategias y los recorridos según la retroalimentación recibida de los usuarios del servicio, garantizando que el efecto positivo en la percepción pública se conserve a lo largo de todo el proceso.
- Una vez que los ahorros previstos se hagan realidad, se aconseja llevar a cabo evaluaciones regulares para identificar las áreas donde los fondos liberados puedan ser reinvertidos de forma más eficaz. Esto podría implicar mejoras en la infraestructura para la gestión de residuos, la inversión en programas de educación ambiental para los ciudadanos, o la adquisición de nuevas tecnologías que sigan mejorando las operaciones de la Municipalidad.

6.2 1 Análisis de impacto.

De acuerdo al estudio realizado y conforme a los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación, se puede deducir que el presente proyecto cumplió a cabalidad con su cometido.

Primeramente, nos referiremos a la forma en que el estudio incide en las comunidades del cantón de Esparza.

Si bien es cierto el proyecto aún no se ha puesto en marcha, se prevé que los cambios en la distribución de las rutas van a mejorar la opinión que la ciudadanía tiene sobre el servicio de recolección. Esto quedó demostrado en los estudios realizados en el desarrollo de lo investigado: mediante los estudios de satisfacción, los mismos arrojaron un incremento del 20% en la satisfacción de los residentes, que en comparación con la situación actual que está atravesando en las comunidades del cantón de Esparza, se prevé que el servicio brindado será más eficaz y constante.

Al respecto, y con base en los resultados obtenidos en el capítulo IV, se evidenció que los niveles de satisfacción disminuyeron cuando los costos operativos aumentaron, en síntesis, esto fue causado por el aumento en el tiempo de recolección de los desechos en las diferentes comunidades del cantón de Esparza ya que la demora en el servicio produjo como efecto dominó molestias en los ciudadanos.

Por otra parte, la disminución de los tiempos de operación y la optimización de los recursos logísticos tendrán como efecto la disminución del uso de combustible y de las emisiones de gases contaminantes, lo cual, viene a contribuir a los esfuerzos ambientales que la Municipalidad persigue. Se estima que el proyecto tendrá un efecto positivo en la sostenibilidad del municipio al mejorar las rutas y reducir la utilización de recursos naturales, lo que significa que “a menor uso de las unidades de recolección”, “menor será el grado de contaminación ambiental”, por ejemplo: las unidades más antiguas y no contar con el mantenimiento adecuado producirá mayor contaminación en el medio ambiente.

Sin hacer de lado, el cumplimiento estricto que debe tener la institución con la legislación nacional en lo referente al medio ambiente, ya que como es de suponer que la recolección de basura implica un deterioro al medio ambiente; la institución debe acatar lo que la ley nacional exige a través del Ministerio de Ambiente y Energía -MINAE-, el cual tiene como fin promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de la Nación.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

CAPITULO VII

7.1. BIBLIOGRAFIA

Álvarez, S., Cruz, M., Guillén, C., Laínez, J. M., Marcia, V. (2019). Control estadístico de la calidad. McGraw-Hill.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=10302>

Araiza Aguilar, J. A., & Zambrano, M. E. (2015). Mejora del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos empleando herramientas SIG: un caso de estudio. Ingeniería, 19(2), 118-128. Universidad Autónoma de Yucatán

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46750925005>

Ariza Montes, J. A., & Morales Fernández, E. J. (2015). Gestión estratégica de personas y competencias. McGraw-Hill.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=7612>

Arrieta Enríquez, G. D. (2023). Diagnóstico y propuestas de optimización del sistema de recolección de residuos sólidos ordinarios municipales en el Cantón de Garabito. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/14561>

Azabache Orellana, J. D. (2016). Mayor eficiencia operativa a mayor grado de implementación de herramientas Lean en empresa de energía, Lima, Perú.

<https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/38f1fce6-bf7e-42b5-8612-281961fd94db>

Baca Urbina, G. (2016). Evaluación de proyectos. McGraw-Hill.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=4613>

Betanzo-Quezada, E., Torres-Gurrola, M. Á., Romero-Navarrete, J. A., & Obregón-Biosca, S. A. (2016). Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo

de dispositivos de rastreo satelital: análisis e implicaciones. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(3), 323-337. Universidad Nacional Autónoma de México.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992016000300323&script=sci_arttext

Bercián Bonilla, D. F., Cantú Delgado, J. H., & Gutiérrez Pulido, H. (2019). *Gestión de la calidad total*. McGraw-Hill.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=10317>

Campo Varela, A., Hervás Exojo, A. M., & Revila Rivas, M. T. (2013). *Técnicas de almacén*. McGraw-Hill.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=16556>

Campo Varela, A., Hervás Exojo, A. M., & Revila Rivas, M. T. (2013). *Técnicas de almacén*. McGraw-Hill.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=16556>

Castro Ramírez, K. (2019). *Diagnóstico y optimización del sistema de recolección de residuos sólidos municipales en la Municipalidad de Paraíso*. Universidad de Costa Rica.

<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/7e196a46-524d-4203-94ca-3037ca57dc1c>

Castillo Esparcia, A., & Álvarez Nobell, A. (2015). *Evaluación en comunicación estratégica*. McGraw-Hill.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=7609>

Chiavenato, I. (2017). *Administración de recursos humanos: el capital humano de las organizaciones*. McGraw-Hill.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=5207>

Cuadra, R. H. (2012). El concepto de " residuo". Consecuencias sobre los deberes municipales de la ley para la gestión integral de residuos. *Revista de Ciencias Jurídicas*, (127).
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/juridicas/article/view/13250>

Esquivel Valverde, Á. F., León Robaina, R., & Castellanos Pallerols, G. M. (2017). Mejora continua de los procesos de gestión del conocimiento en instituciones de educación superior ecuatorianas. *Retos de la Dirección*, 11(2), 56-72.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=s2306-91552017000200005&script=sci_arttext

Fernández, C. L., & Piqueres, G. G. (2007). Gestión de la calidad en servicios: una revisión desde la perspectiva del management. *Cuadernos de gestión*, 7(1), 31-47.
<https://www.redalyc.org/pdf/2743/274320285002.pdf>

Fische, R., Ferreira, M., Fernández, M., & Tassara, F. (2018). Modelo SMART de gestión por objetivos en la Universidad: el caso de la Universidad de Flores.
<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/190944>

Graziani, P. (2018). Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos: Oportunidades en América Latina.
<https://ideas.repec.org/b/dbl/dblbks/1247.html>

Gutiérrez Pulido, H. (2020). *Calidad y productividad*. McGraw-Hill.
<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=10411>

Gutiérrez Pulido, H., & Vara Salazar, R. D. L. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. McGraw-Hill.
<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=280>

Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2021). *Principios de administración de operaciones*. Pearson Educación.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=16938>

Herrera, M. (2017). Propuesta de un modelo de optimización de recursos para mejorar la eficiencia en el proceso de transformación del plástico. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, Bogotá.

<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/72ba55f5-c27a-419b-9148-19024ee29882/content>

Hernández y Rodríguez, S. J. (2011). Introducción a la administración: teoría general administrativa: origen, evolución y vanguardia. McGraw-Hill.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=284>

Hodge, B., Gales, L. M., & Anthony, W. P. (2003). Teoría de la organización: un enfoque estratégico. Pearson Educación.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=4407>

Jiménez, R. M., Jiménez Gallegos, J. A., Estrada Coronado, R. M. (2020). Probabilidad y estadística. Pearson Educación.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=11755>

Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). Manufactura, ingeniería y tecnología: procesos de manufactura. Pearson Educación.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=3646>

Koontz, H., & Weihrich, H. (2013). Elementos de administración: un enfoque internacional y de innovación. McGraw-Hill.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=295>

Krajewski, L. J., & Malhotra, M. K. (2024). Administración de operaciones. Pearson Educación.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=34283>

Laudon, K. C., Laudon, J. P.(2022). Management information systems. Pearson Educación.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=16588>

Leandro Muñoz, B. F. (2022). Evaluación y optimización del sistema de recolección de residuos sólidos en la Municipalidad de Guácimo. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13825>

Mamani, Y. (2018). Business Intelligence: herramientas para la toma de decisiones en procesos de negocio. Universidad nacional micaela bastidas de apurimac, 1-6.

https://www.researchgate.net/profile/Yonatan-Mamani-Coaquira/publication/323993348_Business_Intelligence_herramientas_para_la_toma_de_decisiones_en_procesos_de_negocio/links/5ab6bc4ba6fdcc46d3b6b9ee/Business-Intelligence-herramientas-para-la-toma-de-decisiones-en-procesos-de-negocio.pdf

Montalvo, D. (2009). Satisfacción ciudadana con servicios municipales. Américas, (14).

<https://www.vanderbilt.edu/lapop/insights/I0814es.pdf>

Morillo, M. (2001). Rentabilidad financiera y reducción de costos. Actualidad contable FACES, 4(4), 35-48.

<https://www.redalyc.org/pdf/257/25700404.pdf>

Münch Galindo, L. (2018). Administración: gestión organizacional, enfoques y procesos administrativos. Pearson Educación.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=9257>

Render, B., Heizer, J. (2014). Principios de administración de operaciones. Pearson Educación.

<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=4722>

- Rivera Martínez, F., Hernández Chávez, G. (2015). *Administración de proyectos: guía para el aprendizaje*. Pearson Educación.
<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=3544>
- Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*.
<https://www.cepal.org/es/publicaciones/40407-guia-general-la-gestion-residuos-solidos-domiciliarios>
- Sáez Molero, A. L. (2019). *Calidad de servicio en el proceso de recolección domiciliaria de residuos sólidos*. Universidad del Zulia, Venezuela.
<https://www.redalyc.org/journal/290/29062051006/29062051006.pdf>
- Sapag Chain, N., Sapag Puelma, J. M., & Sapag Chain, R. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*. McGraw-Hill.
<https://www-ebooks7-24-com-uh.knimbus.com:443/?il=752>
- Sierra, C. S., Marrugo, E. B., Aleman, M. M., & Calderon, D. S. (2017). *Gestión para la sostenibilidad ambiental, sociocultural y económica en el sector hotelero: revisión de la literatura*. *Telos*, 19(3), 475-495.
<https://www.redalyc.org/pdf/993/99376446005.pdf>
- Tayo, R., & Leidy, P. (2017). *Modelo de gestión de riesgos para proyectos de desarrollo tecnológico*. Santiago de Queretaro: CIATEQ.
- Vega Herreros, J. (2017). *Título de la tesis*. [Tesis doctoral, Universidad de La Rioja]. Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/tesis/127596.pdf>