Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Especialidad en Ingeniería de Vías Terrestres

ANALISIS DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS MEDIANTE SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) EN EL MUNICIPIO DE QUERÉTARO.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres

Presenta:
Miguel Angel Torres Gurrola

Dirigido por:
Dr. Eduardo Betanzo Quezada

Dr. Eduardo Betanzo Quezada. _____
Presidente Firma

Dr. José Antonio Romero Navarrete. _____
Secretario Firma

Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca. _____
Vocal Firma

Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza. _____
Suplente Firma

Dr. Moisés Arroyo Contreras. _____
Suplente Firma

_____ _____
Dr. Aurelio Domínguez González Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Director de la Facultad Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Mayo, 2015.
México

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DGBSDI-UAQ

La presente obra está bajo la licencia:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es

CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada , brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios . Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales .

SinDerivadas — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

RESUMEN

El problema de la basura es tan antiguo como el hombre mismo. Desde que aparece el hombre empieza a distinguirse lo útil de lo ya no utilizable. Desde entonces, su recolección, transporte y disposición final han sido causa de innumerables investigaciones y propuestas para optimizar cada una de estas etapas. El problema es más fuerte en nuestros días con ciudades más densamente pobladas, incremento en hábitos de consumo y mayor producción de residuos sólidos urbanos, crecimiento acelerado de colonias irregulares, poca o nula educación ambiental en este sentido de la mayoría de la población y, entre otros, falta de recursos tanto económicos como intelectuales suficientes para ofertar el servicio por parte de los municipios. El objetivo general es analizar el servicio de recolección de residuos sólidos urbanos mediante sistemas de posicionamiento global (GPS) en el Municipio de Querétaro. La metodología desarrollada explica a detalle los pasos necesarios para llevar a cabo dicho análisis y la implementación de la tecnología aplicada a las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos. Los resultados obtenidos muestran los beneficios de contar con un sistema de monitoreo de rutas para reducir costos de operación e incrementar los niveles de servicio a los usuarios, lo que contribuyen a disminuir los riesgos de contaminación y coadyuvar en la salud pública.

(Palabras clave**: Residuos sólidos urbanos, servicio de recolección, sistemas GPS, municipio de Querétaro, rutas, Costo-Beneficio.)**

SUMMARY

The garbage problem is as old as man himself. Since it appears the man begins to distinguish the useful from the not usable anymore. Since then, his collection, transportation and disposal have led to countless investigations and proposals to optimize each of these stages. The problem is stronger today with most densely populated, increasing consumption habits and increased production of municipal solid waste, accelerated growth of irregular settlements, little or no environmental education in this sense of the majority of the population and among others, lack of both financial resources sufficient to offer the service by municipalities intellectuals. The overall objective is to analyze the collection service of municipal solid waste by global positioning systems (GPS) in the municipality of Querétaro. The methodology explained in detail the steps required to perform the analysis and implementation of the technology applied to routes collection of municipal solid waste. The results show the benefits of having a monitoring system routes to reduce operating costs and increase service levels to users, thus contributing to reduce the risks of contamination and assist in public health.

(Key words**: Solid Waste, Waste Collection, Global Positioning Systems, Querétaro, routes, Cost-Benefit Ratio.)**

DEDICATORIAS

A Mí pequeño hijo Mateo, no sólo por compartir su tiempo en la aventura que lleve a cabo para mejorar académicamente, sino que también por ser la fuente inagotable que da inspiración a mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen los apoyos financieros aportados por el Fondo Mixtos de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica Conacyt-Gobierno del Estado de Querétaro (contrato FOMIX 2012-01- 193364), y por el Fondo para el Fortalecimiento de la Vinculación FoVinUAQ-2013 de la Universidad Autónoma de Querétaro. De igual forma, se agradecen las amplias facilidades otorgadas por la Secretaría de Servicios Públicos Municipales del Municipio de Querétaro para la realización de la investigación.

Agradecimiento a mis maestros y sínodos por aportar sus conocimientos y críticas constructivas.

De manera especial al Dr. Eduardo Betanzo Quezada por su pasión en los proyectos que emprende, su confianza y comprensión. Gracias, porque ahora se el significado de la palabra constancia.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN ***1***

1.1 Justificación 3

1.2 Descripción del problema 4

1.3 Objetivo 5

1.4 Hipótesis 6

2. MARCO DE REFERENCIA ***7***

2.1 Ruteo vehicular y el empleo de tecnologías y software en aplicaciones a problemas de logística y transporte. 7

2.2 La dimensión del problema de la basura 12

2.2.1 Europa, países innovadores 12

2.2.2 El problema de la basura en la ciudad de México 14

2.2.3 Un pequeño vistazo al mundo del reciclaje 16

2.2.4 El Caso de Veracruz 19

2.2.5 El Caso Querétaro 24

2.3 Optimización de sistemas de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos. 28

3. METODOLOGÍA ***29***

3.1 Descripción de Etapas 29

3.1.1. Primer Etapa: Definición de procedimientos 32

3.1.2. Segunda Etapa: Etapa operativa 33

3.2 Metodología de la SEDESOL 35

3.3 Software empleado 37

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ***43***

4.1 Análisis de Ruta 47

4.2 Resultados de la aplicación de la metodología de SEDESOL 54

5. CONCLUSIONES ***62***

5.1 Recomendaciones de equipamiento 67

6. BIBLIOGRAFÍA ***68***

7. APÉNDICE 1 ***71***

7.1 Concentrado de datos por Delegación 71

8. APÉNDICE 2 ***83***

8.1 Aspectos normativos 83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Infraestructura y equipamiento de las Delegaciones del Municipio de Querétaro. 27
Figura 3-1 Diagrama de secuencia en la etapa de recorridos. Elaboración propia.31
Figura 3-2 Mapa de Rutas elaborado con Software Past Track. 37
Figura 3-3 Mapa de Rutas con variación de escala elaborado con Software Past Track. 38
Figura 3-4 Paneles de Software Past Track y reporte diario de recorridos. 39
Figura 3-5 Ensamble de recorrido de ruta en Google earth. 40
Figura 3-6 Ejemplo de mapas de recorridos planeados por el municipio. 41
Figura 3-7 Datos de rutas suministrados por el Municipio de Querétaro..... 42
Figura 4-1 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Zona Centro. 46
Figura 4-2 Análisis individual de ruta..... 47
Figura 4-3 Costo de traslado de RSU en camión tipo C2..... 50
Figura 4-4 Costo de traslado de RSU en tractocamión T3-S2-R4..... 51
Figura 4-5 Aplicación de la metodología SEDESOL para el diseño de rutas. 58
Figura 4-6 Dispersión de rutas de la Delegación Zona Centro..... 59
Figura 4-7 Aplicación de la metodología SEDESOL para el diseño de rutas (variación con GPS). 60
Figura 4-8 Dispersión de rutas de la Delegación Zona Centro con empleo de GPS..... 61
Figura 7-1 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Villa Cayetano Rubio..... 71
Figura 7-2 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Epigmenio Gonzalez Fernández. 73
Figura 7-3 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Josefa Vergara y Hernandez. 75
Figura 7-4 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Felipe

Carrillo Puerto. 77
Figura 7-5 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Félix Osores Soto Mayor. 79
Figura 7-6 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Santa Rosa Jaureguí. 81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Clasificación por Delegaciones del Servicio de Recolección de Basura en el municipio de Querétaro. 24
Tabla 2-2 Clasificación por Delegaciones de la Generación de Residuos Sólidos en el municipio de Querétaro. 25
Tabla 4-1 Resumen de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos monitoreadas. 43
Tabla 4-2 Costos de operación de un camión C2. 44
Tabla 4-3 Comparativa de recorridos y costos Delegación Zona Centro. 45
Tabla 4-4 Sobrecosto por Zonas, entre los recorridos planeados y los realmente recorridos. 48
Tabla 4-5 Costos de operación de un camión T3-S2-R4. 49
Tabla 4-6 Costos de operación de un camión T3-S2-R4. 52
Tabla 4-7 Cálculo de costo de operación Camión C2 con caja y compactador. ... 53
Tabla 4-8 Concentrado y comparativa de datos de la Delegación Zona Centro: Rutas 1 a 3. 54
Tabla 4-9 Concentrado y comparativa de datos de la Delegación Zona Centro: Rutas 4 a 6. 55
Tabla 4-10 Concentrado y comparativa de datos de la Delegación Zona Centro: Rutas 7 a 9. 56
Tabla 4-11 Concentrado y comparativa de datos de la Delegación Zona Centro: Rutas 10 a 12. 57
Tabla 7-1 Comparativa de recorridos y costos Delegación Villa Cayetano Rubio. 71
Tabla 7-2 Comparativa de recorridos y costos Delegación Epigmenio González Fernández. 73
Tabla 7-3 Comparativa de recorridos y costos Delegación Josefa Vergara y Hernández. 75
Tabla 7-4 Comparativa de recorridos y costos Delegación Felipe Carrillo Puerto. 77

Tabla 7-5 Comparativa de recorridos y costos Delegación Félix Osores Sotomayor. 79
Tabla 7-6 Comparativa de recorridos y costos Delegación Santa Rosa Jáuregui. 81

1. INTRODUCCIÓN

Para la mayoría de la población, el sistema de recolección de basura es un tema de poca importancia, poco relevante e incluso ajeno a nuestro interés. Sin embargo, no lo es, o no debiera serlo. En el desarrollo de este trabajo se intentará demostrar lo contrario. Por una parte, los trabajos de recolección de residuos son complicados, requieren de todo un sistema de logística integral para el trazado de rutas, horarios, equipamiento, selección de los rellenos sanitarios, etc.; son muy elevados los costos del servicio y representan altos riesgos de contaminación y de salubridad. Por otro lado es un horizonte de oportunidades económicas para los municipios o para terceros, tan sólo hay que enfocar a los trabajos de reciclado, donde se podrá ver que casi todo vale, una segunda oportunidad a todo aquello que parezca "basura". Es importante recordar una frase popular "...no es más limpio quien más limpia, sino quien menos ensucia".

En el tema de los residuos sólidos urbanos (RSU) todo el mundo es un experto, porque todo el mundo es un productor de los RSU. A pesar de (o quizás debido a) que tenemos tantos expertos en el tema, lo vuelve aún más complicado. Su composición varía en todo el mundo y de acuerdo a la temporada, además de que hay alrededor de 7 mil millones de productores de los RSU. Una correcta gestión de los RSU es esencial para una sociedad con el fin de proporcionar servicios de saneamiento y prevenir la contaminación del medio ambiente. En los últimos años, la gestión de los RSU ha ganado interés como una nueva mina de nuestros recursos. Por ejemplo, en el tema de los materiales reciclables, un montón de viejos teléfonos móviles se cree ahora que contiene más valor que una tonelada de mineral de oro. Sin embargo, la recolección y la recuperación de estos materiales es más compleja que nunca (Goorhuis, 2014).

Se tienen varias investigaciones en el manejo de residuos sólidos urbanos, siendo pioneras grandes ciudades en países desarrollados. Principalmente países europeos, Estados Unidos y Canadá. Instituciones

importantes como el Instituto Tecnológico de Massachusetts han hecho estudios e investigaciones para una gestión más óptima del manejo de residuos sólidos.

En varios países, incluyendo a México, se reportan avances tecnológicos con el empleo de equipos especializados, que entre otras cosas permiten: la elaboración de rutas con trazos por calle a atender, contar con sensores para cuando el compactador se activa, medir la cantidad de viajes al relleno sanitario o unidades de transferencia, sensores para medición de temperatura, manejo de información en tiempo real al contar con equipos emisores y receptores de datos que han permitido aumentar eficiencia y productividad al eliminar los usos no autorizados y la pérdida de tiempo, sensores para conocer niveles de combustible, rastreadores GPS para la localización de camiones en zonas no autorizadas o fuera de ruta.

En México, ciudades como Guadalajara en el estado de Jalisco, Cajeme en Sonora, Ciudad Madero y Matamoros en Tamaulipas, Tijuana en Baja California, Acapulco en Guerrero, Guanajuato e Irapuato en el estado de Guanajuato, Uruapan en Michoacán y Ciudad Juárez en Chihuahua han reportado el uso de tecnologías GPS, programas piloto o inversiones en tecnologías de este tipo para gestionar un mejor manejo en los sistemas de recolección de residuos sólidos.

Es importante destacar un creciente enfoque a los trabajos de reciclaje en los últimos años, siendo los principales mercados el cartón y papel, el plástico, aluminio, cobre y acero. Sin embargo se hace necesaria una regulación, para que los recursos y beneficios de ello sean dirigidos a mejorar el sistema de recolección.

Los equipos GPS empleados en este proyecto fueron gestionados a través del proyecto FOMIX Conacyt-Gobierno 2012-01 del estado de Querétaro, FORTALECIMIENTO A TRAVÉS DE EQUIPAMIENTO DE LABORATORIOS DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO (Clave 193364). Gracias a ese proyecto se cuenta permanentemente con un lote de 15 dispositivos GPS

portátiles marca LandAirSea de tipo Data Logger para trabajo pesado. Además, esta investigación se deriva del proyecto denominado: “Proyecto de vinculación para la Incorporación de tecnologías de rastreo vehicular mediante sistemas de posicionamiento global (GPS) en el servicio de recolección de basura en el Municipio de Querétaro”, financiado por la Universidad Autónoma de Querétaro”, a través del Fondo para el Fortalecimiento de la Vinculación (FOVIN 2013). Con este proyecto de vinculación, se ha podido contar con el apoyo económico para disponer de recursos humanos y materiales necesarios para llevar a cabo el trabajo de campo.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera. Primero se presenta a manera de introducción la justificación de llevar a cabo este trabajo, se describe el problema, los objetivos a seguir y se plantea una hipótesis. Posteriormente se hace una breve revisión de la literatura sobre métodos de ruteo vehicular y el empleo de tecnologías y software en aplicaciones a problemas de logística y transporte, que son de particular importancia en aplicaciones a vehículos con restricciones, tanto en dimensiones como en carga. Al inicio de esta revisión se describen algunos antecedentes a nivel mundial, algunos casos en Latinoamérica y otros dentro del país; después, se desarrolla el tema relacionado con el servicio de recolección de basura, profundizando el tema en el municipio de Santiago de Querétaro. En apartados individuales se desarrolla la metodología empleada, los resultados obtenidos y su discusión. Finalmente se indican las conclusiones y recomendaciones.

1.1 Justificación

La administración pública requiere de vehículos automotores para cumplir con distintas obligaciones de servicio público. Entre ellas, la recolección de basura es una responsabilidad que recae directamente en los municipios del país, y en el caso de Querétaro, está sujeta a fuertes presiones provocadas por el crecimiento

acelerado de la población y de la mancha urbana. En ese sentido, este proyecto está alineado con lo establecido por el Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015 del Municipio de Querétaro, que plantea la estrategia de mejorar la eficiencia y ampliar la cobertura de recolección de residuos generados en el municipio.

En casi todos los sistemas de este tipo, los costos se derivan en gran medida de los tiempos y distancias de recorrido en el traslado de la basura. Es decir se invierte en ocasiones hasta la mitad del tiempo en traslados improductivos y se recorre la mayor parte de la distancia total recorrida en los desplazamientos del lugar de guarda a la zona de recolección, unidad de transferencia y su regreso.

Mediante este proyecto demostrativo, la Secretaría de Servicios Públicos Municipales (SSPM) podrá comenzar a incorporar nuevas tecnologías para la planeación, la operación y el control del servicio de recolección de basura, buscando la reducción de los costos del servicio, haciendo un uso más eficiente de los recursos públicos destinados a este rubro. La puesta en operación de dispositivos GPS a bordo de las unidades recolectoras permitirá obtener parámetros de operación, tales como ubicación, tiempo y distancias recorridos, velocidades, tiempos muertos, entre otros. Lo que permitirá hacer un comparativo entre los resultados planeados respecto de los realizados.

1.2 Descripción del problema

El problema del sistema de recolección de basura en el municipio de Querétaro radica en constantes quejas de los usuarios hacia el sistema, aludiendo a la falta oportuna en la recolección de basura por variaciones en tiempo y por omisión en parte de las rutas; la falta de atención hacia la profesionalización de los servicios y a la necesidad de mejora constante de los recursos materiales y humanos.

Otro problema muy marcado es el que generan los camiones de recolección al interactuar con el tránsito propio de la Ciudad, dadas sus dimensiones y peso vehicular. Se resaltan dos condiciones, la primera al convertirse en vehículos potencialmente generadores de accidentes al alcanzar velocidades altas en camino abierto, y la segunda durante la etapa de recolección y operar a velocidades muy bajas, propiciando algunas interferencias continuas al tránsito local.

Uno de los puntos igualmente importante se refiere a los consumos de combustible y por consiguiente la generación de emisiones contaminantes hacia al medio ambiente, por lo que es muy necesario dar mantenimiento al parque vehicular y mantenerlo en condiciones óptimas.

En conjunto, se está hablando de un sistema costoso para el municipio, no sólo desde el punto de vista económico, sino también desde una perspectiva estética y de salud pública.

1.3 Objetivo

El objetivo principal de este trabajo consiste en instrumentar la flota de camiones del servicio de recolección de basura del Municipio de Querétaro, para monitorear los parámetros de servicio y proponer mejoras operacionales y de diseño del sistema.

Con ello se espera por un lado proponer cambios al sistema logístico y de transporte actual que permitan reducir los costos de operación al mejorar los sistemas de recolección, y por el otro, conjuntamente con los representantes del departamento municipal encargado de estos trabajos, y una vez analizados los datos obtenidos, transferir la tecnología para poder usar dispositivos GPS para conocer de manera más exacta el funcionamiento del sistema en cuanto a los recorridos y costos de operación reales. Con ello establecer sí es óptimo el

aprovechamiento de la infraestructura actual (destacando en este punto la ubicación de corralones, la unidad de trasferencia y el relleno sanitario).

Los alcances de la investigación son generar y probar una metodología que sirva para realizar pruebas piloto para el monitoreo y ajuste futuro de las rutas.

1.4 Hipótesis

La instrumentación de los camiones recolectores de basura con dispositivos GPS permite detectar desviaciones operativas, cuya corrección podría reducir los costos de operación hasta en un 20 % en el Servicio de Recolección de Residuos Sólidos del Municipio de Querétaro.

2. MARCO DE REFERENCIA

Dentro de este capítulo se describen los elementos que permiten adentrarse al conocimiento del manejo de residuos sólidos urbanos (RSU), para comprender la dimensión del problema, interpretar en términos generales la Normativa vigente en el tema, e identificar lo que se hace con respecto a los temas relacionados con la generación, transporte y disposición final de los RSU.

2.1 Ruteo vehicular y el empleo de tecnologías y software en aplicaciones a problemas de logística y transporte.

Wilson y Vincent, (2007) aplican sistemas de posicionamiento global para obtener datos en una estación de transferencia de residuos sólidos. Se trata de medir los tiempos que cada camión emplea en cada una de las cuatro actividades dentro de la estación de transferencia: 1) hacer cola para el acceso a la zona de pesaje, 2) medición en la zona de pesaje, 3) haciendo cola para el acceso a la planta de inflexión, y 4) descarga de desechos. El problema se deriva de la congestión debido al gran número de vehículos de recolección de residuos sólidos que llegan a la instalación en un corto período de tiempo. Las colas resultantes son largas y pueden dar lugar a importantes retrasos de tiempo, mayores costos de mano de obra y combustible, y el aumento de las emisiones contaminantes de vehículos. El estudio propone el cambio de los estudios tradicionales de las teorías de colas, en el que el factor humano influye de manera directa en el resultado por uno automatizado, es decir el empleo del GPS. Los resultados de este proyecto demostraron que los registradores de datos GPS a bordo de los camiones pueden proporcionar datos de posición precisos que pueden ser utilizados para analizar los movimientos de los detalles de recolección de residuos en considerable detalle.

Faccio *et al.* (2010) describen la aplicación de tecnologías de posicionamiento global en una Ciudad Italiana (Padova), donde adicionalmente a las variables de posición y tiempo agregan relaciones de peso/volumen, máxima capacidad de carga de los camiones y ubicación de contenedores de carga, con resultados favorables que permiten a la ciudad reducir los costos de operación.

Otra investigación, similar a la anteriormente descrita es la desarrollada en Malasia por Hannan *et al*, (2011). Este autor trata el tema de un sistema de integración de las tecnologías de identificación por radiofrecuencia (RFID) y las comunicaciones para el manejo de residuos sólidos y sistema de monitoreo de camiones denominado "Bin". RFID, GPS, GPRS y SIG. Junto con las tecnologías de empleo de una cámara se han integrado y desarrollado el sistema de control inteligente "Bin" (identificación de imágenes mediante una escala de grises y sistema binario, con lo cual se hace un estimado del volumen de basura en el contenedor y camiones).

Refiriéndose a la cantidad total de residuos de la construcción que está todavía fuera de control debido a los proyectos de urbanización masiva y la falta de herramientas eficaces en la gestión de residuos de construcción en Hong Kong, China, Heng *et al*. (2005) presentan un estudio sobre la aplicación de un sistema integrado de posicionamiento global (GPS) y el Sistema de Información Geográfica (SIG) para la reducción de los residuos de la industria de la construcción. Los resultados experimentales indican que el sistema propuesto puede reducir al mínimo la cantidad de desperdicio de material *in situ*.

Otros estudios que se llevaron a cabo en Pudong, Shanghai (República Popular China), por Rovetta *et al*. (2009) describen una nueva aplicación para su uso en el control de los residuos sólidos municipales, basado en la tecnología de sensores distribuidos y sistemas de información geográfica. Los aspectos clave a tener en cuenta en los procedimientos de recolección de residuos incluyen el monitoreo de la cantidad total de residuos producidos, la medición cuantitativa de los residuos presentes en cada punto de recolección e identificación de las clases

de material presente en los residuos recogidos. Desde un punto de vista de Tecnología de la Información, la implementación de una aplicación de monitoreo central también puede contribuir a proporcionar datos históricos, información en tiempo real del estado de la red de contenedores, además de los datos relativos a la posición de los vehículos de recolección y de la distribución geográfica de los residuos.

En una Ciudad española, Carlos A. M. *et al*. (2011) describen la recolección de RSU de un municipio como un problema de logística al cual se deben enfrentar a diario las empresas encargadas de la gestión de residuos así como las administraciones competentes en la materia. En su investigación, indican que una de las herramientas más utilizadas hasta la fecha para realizar la programación de estas tareas son los sistemas de información geográfica (GIS). Destacan que otras técnicas de optimización que se han aplicado a lo largo del tiempo han demostrado también su eficacia en el análisis de rutas, refiriéndose a la teoría de grafos, la cual es una herramienta ampliamente utilizada hoy en día por multitud de empresas consultoras. Se ha utilizado para resolver situaciones como la limpieza de calles, el reparto de correo o la recolección de basura. Los avances tecnológicos en computación y en técnicas de optimización han contribuido al desarrollo de nuevo software que facilita la aplicación de la teoría de grafos a la resolución de problemas de rutas. La recolección de RSU de un municipio aparece en la bibliografía de la teoría de grafos[1] como un ejemplo típico en el cual dada una serie de arcos (calles) y de vértices que representan las intersecciones de varias calles hay que encontrar el camino más corto para pasar por todos los contenedores de un sector de un municipio.

---

[1] La "Teoría de Grafos", es descrita como una herramienta para la solución de problemas de ruteo de vehículos con restricciones de capacidad (Capacitated Vehicle Routing Problem, CVRP). Grafos es un software libre para la construcción, edición y análisis de grafos de utilidad para la docencia, aprendizaje y práctica de la teoría de grafos y otras disciplinas relacionadas como la investigación operativa, diseño de redes, ingeniería de organización industrial, la logística y el transporte, etc. Incorpora algoritmos y funciones que permiten modelar, diseñar y analizar problemas reales. Correa E. A. *et al.* (2011).

Zamorano *et al*. (2009) abordan el problema de la recolección de RSU en una localidad de Granada, España. Por Ley, Todos los municipios con una población de más de 5000 habitantes tienen la obligación de recoger los residuos municipales en las fracciones reciclables para facilitar el reciclaje, así como otras formas de valorización de residuos. Se realiza un trabajo para analizar el servicio municipal de recolección de residuos y se proponen formas de mejorarla. La tecnología GIS se utilizó para diseñar una nueva metodología para este propósito, sobre la base de una amplia gama de diferentes parámetros, incluyendo: la densidad de población, generación y composición de los residuos, la red de carreteras, la longitud de carreteras, la velocidad del vehículo durante la recolección, tiempo de viaje, dirección del tráfico, el acceso de vehículos, y las características de los contenedores y vehículos de desecho. Se logró redefinir el número de contenedores para las diferentes porciones, orgánicos e inorgánicos y replantear su ubicación.

En una de las ciudades más importantes de Nigeria, Damaturu, Yobe State, Ayo Babalola *et al*. (2008) describen la recolección de RSU a través de "YOSEPA", la agencia responsable de la gestión de los residuos sólidos en la ciudad. La cual además de un sistema integrado de GIS y GPS, cuenta con otras fuentes de información, que incluye observaciones personales, entrevistas con el personal de la agencia, informes, libros y revistas. Se destaca un conocimiento pleno del sistema ante el reto del crecimiento constante y acelerado de la población y por ende de la generación de RSU.

Dentro del ámbito nacional, Elizalde *et al*. (2013) realiza una comparativa en la que se concreta a la medición del desempeño sobre los datos de una empresa transportista, tanto antes como después de emplear el GPS, para posteriormente proceder a su discusión. En este caso se confirma que la tecnología de comunicación satelital GPS mejora el desempeño de la empresa, tanto al dotar a la administración una información más completa y confiable de la ubicación de los tractocamiones que la integran, con lo que sus decisiones inciden en la mejora del valor de las variables de medición económica en el corto plazo y

también señalan el rumbo de las decisiones de largo plazo. Muchos de los problemas que se han detectado, como viajes en vacío, demoras en tiempos de entrega o de recibo de mercancías, viajes fuera de ruta, inseguridad de la carga de los vehículos y operadores, robos, accidentes, deficiencias de planeación logística y altos costos de operación, se redujeron al contar con el GPS. Las variables consideradas para evaluar los escenarios de antes y después del empleo del GPS fueron: gastos de servicio, gastos de productividad, gastos de operación, gastos de seguridad, gastos de administración, rendimientos de combustible, viajes programados, viajes adicionales; teniendo como resultado menores egresos y por consiguiente mayores ingresos y flujo de efectivo neto.

Otros estudios importantes dirigidos al transporte urbano de carga y particularmente en la zona metropolitana de Querétaro fueron desarrollados por Betanzo (2011) y Betanzo *et al*. (2013) en el que se describe que el transporte urbano de carga de mercancías adquiere importancia en el mundo actual al reconocerse sus efectos nocivos sobre el medio ambiente y la calidad de vida de la población. El transporte urbano de carga ha cobrado importancia en el mundo actual al reconocerse su contribución en la dinámica económica y social, pero también sus manifestaciones negativas, como congestionamiento vial, consumo de energía, contaminación y accidentes. Dentro de éstas últimas, se puede ubicar los camiones recolectores de basura del municipio, ya que se ven inmersos en todos estos casos. Los autores también redactan que en el tema de la planificación de las ciudades y sus movimientos de carga, los países y ciudades han experimentado limitaciones tales como la falta de datos, metodologías, análisis y referencias en un campo relativamente reciente. A ello se enfrenta el proyecto que se lleva a cabo, ya que no existe como tal una guía o modelo a seguir, sino más bien que se definirá conforme a los avances y la información que se recabe.

2.2 La dimensión del problema de la basura

2.2.1 Europa, países innovadores

De la publicación de Heiko y Karrer. (2005) refiriéndose al Medio Ambiente en Europa y al Tercer Informe de Evaluación, Copenhague, 2003 se toman las siguientes notas:

- Se estima que más de 3,000 millones de toneladas de residuos se generan cada año en Europa. Esto equivale a 3.8 toneladas por persona en Europa Occidental (WE) y 4.4 toneladas en Europa central y del Este (ECE).
- En cuanto a los residuos municipales, son extensos y continúan creciendo. Más de 306 millones de toneladas se estima se recogen cada año, un promedio de 415 kg / habitante.
- Aproximadamente 740 millones de toneladas de desechos son generados por la industria manufacturera. El resto se refiere a la minería, construcción y a muy baja escala la producción de energía.
- De ocho países de la adhesión de la Unión Europea en los que existen datos, en promedio se reciclan sólo el 8,6 % de los residuos urbanos.
- En cuanto a los conceptos de transporte y logística de residuos, los principales países innovadores son: Austria, Francia, Alemania, Países Bajos, Suiza y Reino Unido.
- En Austria, el gobierno invierte en proyectos de investigación con un enfoque en el transporte de residuos y de la logística de actividades de investigación, como el " Logistik Austria Plus" y Logística Verde. Los proyectos y conceptos han sido dirigidos hacia la transferencia modal (intermodal) hacia el transporte ferroviario o las tecnologías de transbordo.
- También en Alemania se han puesto en marcha proyectos de investigación nacionales como por ejemplo el proyecto OPTRANS. Enfoques prácticos han sido y son el uso de las nuevas tecnologías de los vehículos y el equipo, el transporte intermodal, la optimización de recorrido y la integración de los sistemas informáticos.

- Francia ha hecho esfuerzos en una política sostenible de los residuos incluyendo la solución de transporte de residuos. En Francia proyectos logísticos para el manejo de residuos con el uso de la navegación interior se han desarrollado.
- Suiza (Ciudad de Zurich) ha comenzado a usar por tren el manejo de la eliminación de residuos.
- En los Países Bajos la introducción de nuevos sistemas de contenedores han mostrado una mejora en el uso de la capacidad y la reducción de vehículos - kilómetro.
- El Reino Unido también muestra altos esfuerzos en el transporte de residuos al medio ambiente y logística utilizando los vehículos de gas natural. También actividades de investigación, con especial atención en el transporte de residuos urbanos y la logística en el área de Londres han sido desarrolladas.

En este artículo se establece que varias medidas se pueden tomar en cuenta para la mejora del transporte de residuos y logística. Como se observa, a partir de los proyectos que se presentan a menudo hay soluciones logísticas integrales individuales existentes, pero las soluciones son más bien escasas. En el futuro, el uso de diferentes soluciones y estrategias tiene que ser tomado en cuenta, como por ejemplo, la combinación de los conceptos de transporte intermodal y su uso, y los vehículos respetuosos del medio ambiente para la recolección de residuos.

Por otra parte, además de estar influenciados por los nuevos conceptos y tecnologías de transporte, la ubicación de las instalaciones tipo relleno sanitario también debe ser planificada en cuanto a la reducción de los impactos negativos (vehículos-kilómetro, el ruido y las emisiones de escape, etc.).

Debe haber un enfoque común entre las actividades de planificación del territorio y la planificación del transporte, los residuos, especialmente de

transporte. La integración de la ordenación del territorio debe tener en cuenta la ubicación óptima para los vertederos e incineradores.

Esto debería apoyar la reducción de vehículos- kilómetros, pero también la mejora de la calidad de vida. La planificación optimizada de rellenos sanitarios e incineradores también tiene que tener en cuenta aspectos económicos.

2.2.2 El problema de la basura en la ciudad de México

De la publicación de Mora Reyes (2004) Se toman las siguientes notas:

- En las ciudades, la basura lleva siendo un problema casi desde el origen de éstas, debido a la alta densidad de población y al hecho de arrojar la basura a las calles. Esto provoca la proliferación de insectos, roedores y microorganismos patógenos. Y si a eso le agregamos un mal sistema de gestión de las basuras, el resultado viene siendo un deterioro y depreciación del entorno debido a la contaminación del aire, del agua y del suelo.

- Los residuos ocasionan: i) el bloqueo de coladeras y drenajes, lo que origina inundaciones urbanas en las épocas de lluvias; ii) el bloqueo de corrientes de agua, por ejemplo al acumularse debajo de los puentes provocando que los ríos se desborden; iii) el deterioro de lugares de recreación. Los paseantes o quienes los visitan dejan tirados su basura que se va acumulando al grado de desalentar el aprovechamiento de esas áreas, además de generar problemas sanitarios y ambientales; iv) una pésima imagen urbana al arrojar residuos al borde de caminos o en lotes baldíos y espacios abiertos.; v) la contaminación de cuerpos de agua o de consumo. Por descargarse directamente en ellos todo tipo de residuos o ser arrastrados por la lluvia sustancias contaminantes que se infiltran en el suelo hasta llegar al agua subterránea; vi) el salinamiento de suelos. Por depósito de ellos en residuos que son o se encuentran compuestos de sales, como ocurre con los residuos de sal empleados en la preservación de pieles utilizadas como insumos en la industrial de la curtiduría; vii) la

proliferación de fauna nociva y generación de malos olores. Cuando se vierte materia orgánica por doquier o en tiraderos a cielo abierto; viii) la emisión de contaminantes al aire libre, tanto al desprenderse sustancias volátiles contenidas en los residuos, como al generarse gases debido a la fermentación de los residuos orgánicos, o por el arrastre por el viento de los residuos de distinta índole; a lo cual se suma la contaminación ocasionada cuando se incendias los basureros y durante semanas se emiten partículas y de todo tipo de sustancias tóxicas liberadas de procesos de combustión de distintos tipos de materiales.

De acuerdo con el autor, al año 2000, el servicio de limpia del GDF no cuenta con programas de recolección y separación de los residuos actualizados, ni cuenta tecnología aplicada como la incineración que permite la recuperación de energía, del ambiente y de la economía del país. Esta administración sigue apostando por el relleno sanitario, un sitio que ejemplifica claramente la ausencia de autoridad al proliferar la pepena, los olores desagradables, la fauna nociva y los incendios que dan como resultado que el suelo quede inutilizado para usos agrícolas; los mantos acuíferos sean infectados por la migración del lixiviado; líquido que forma la basura en su contacto con agua, y finalmente, el deterioro de la imagen urbana. Históricamente, el primer problema que plantean los residuos ha sido el de su eliminación, no el de su reciclaje, recuperación y reutilización, como sería lógico pensar si razonáramos desde el punto de vista ecológico. Hasta hoy, la solución que la sociedad da al problema de la basura es bastante primitiva: apartarlos de su vista, arrojándolos o enterrarlos para ocultar el problema.

- De todo el mundo, México con sus más de 30 millones 733 mil toneladas al año, 84 mil 200 toneladas diarias, ocupa en el año 2000, el décimo lugar entre los países que más basura generan en el mundo. Estados Unidos ocupa el primero. Con estos volúmenes no controlados se podría estar llenando por dos semanas, hasta el borde, el Estadio Azteca.

- La basura generada en el país se distribuye de la siguiente manera: 31%, residuos alimenticios; 14.2%, papeles y cartón; 9.8%, desechos de jardinería; 6.6%, vidrio; 5.8% plástico y; 32.6%, otros residuos no especificados.
- Del total de la basura obtenida, sólo el 77% de los residuos se recolecta oportunamente, y de éstos, únicamente 50% se dispone o recicla de manera segura, el resto, 57 mil toneladas diarias de basura en todo el país queda abandonada a cielo abierto en cañadas, caminos, lotes baldíos y cuerpos de agua, así como en tiraderos clandestinos.
- El 53% de la basura se dispone en rellenos sanitarios y tiraderos controlados ya que existe un déficit del 68% en infraestructura moderna y adecuada para la separación, recolección, transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final segura de residuos municipales. (Semarnat, 2004).
- Por regiones, la zona centro con el Distrito Federal genera 62% del total de los residuos del país.

2.2.3 Un pequeño vistazo al mundo del reciclaje

De gran importancia enfocarse en estos trabajos, ya que lo que pudiera considerarse en dado momento como una inversión, con la que en muchas ocasiones los municipios no cuentan, por la adquisición de tecnología tipo GPS o similar, la puesta en marcha de la misma y la capacitación de técnicos, puede encontrar respuesta en el aprovechamiento de estos recursos.

Florisbela dos Santos *et al.* (2001) describen un sistema informal como parte del esquema en la recolección de RSM. Se detalla, que en las diferentes etapas del manejo de los residuos sólidos municipales (RSM) se encuentran personas que no son parte de la administración municipal responsable de su gestión y que no pertenecen al sector formal de la economía. Estos grupos de trabajadores del sector informal que reciben diferentes nombres dependiendo del país en que se encuentren: pepenadores y burreros (México), catadores y

triadores (Brasil), cirujas (Argentina), scavenger (países de habla inglesa). En su investigación plasman que existen entre 25 a 30 mil pepenadores en los tiraderos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Entre ellos hay niños, ancianos, campesinos emigrados, ex-convictos y principalmente familias que no desean trabajar en empresas debido a que consiguen un ingreso mayor en la pepena del que podrían ganar en el sector formal. Esta actividad, aunque menospreciada por muchos, es importante para la sociedad, ya que evita que toneladas de RSM aumenten en los basureros, y suministra casi en su totalidad las materias primas que deben ser recicladas en las industrias de papel, plástico, aluminio, fierro y vidrio.

Guzmán Chávez *et al.* (2012) realizan Estudios Sociales sobre la actividad de la pepena en la zona conurbada de San Luis Potosí, propiamente en el tiradero denominado "Peñasco", describiendo que es comúnmente estigmatizada por ser un trabajo sucio y típicamente asociado a la pobreza extrema, pero al observar lo que ocurre con las personas que asisten al tiradero de Peñasco se revela una actividad positiva y de mayor rentabilidad económica en comparación con las actividades agropecuarias en los alrededores de Peñasco, y en todo el Altiplano Potosino. En el año 2008, pepenadores entrevistados afirmaron percibir $2,000.00 pesos semanales y en ocasiones un poco más, mientras que el salario promedio oscilaba entre $500.00 y $600.00 pesos semanales. Entre los pepenadores se incluyen personas de todas las edades, sin distinción de sexos (incluso con una mayoría de mujeres).

De acuerdo a Aguilar Virgena *et al.* (2010) conocer las cantidades y tipos de residuos sólidos domésticos (RSD) que son depositados en el relleno sanitario, brinda la posibilidad de proponer opciones sustentables para su aprovechamiento. Los residuos de cualquier localidad manejados de forma apropiada se pueden convertir en insumos de algún otro proceso. El objetivo de este estudio fue cuantificar los componentes de los RSD susceptibles de ser reciclados, depositados en el relleno sanitario de la ciudad de Ensenada (Baja California, México), para ser valorizados en el mercado de los reciclables. En promedio se

podrían comercializar semanalmente 643.67 toneladas de residuos alimenticios para composta, 389.45 toneladas de papel y cartón, 217.55 toneladas de plástico, 78.81 toneladas de vidrio, 37.20 toneladas de metales y 8.11 toneladas de aluminio. Se obtendría en total un aproximado de MXP $911,224.18 (USD $71,693.48) por la comercialización de los principales reciclables. Los resultados indican que aproximadamente el 91% de los RSD tienen potencial de aprovechamiento.

Jittree Pothimamaka (2008), Establece que la mejor práctica de gestión de residuos sólidos en los países desarrollados es la reducción de los residuos generados en la fuente. Separar los diferentes tipos de residuos. La gente debe aprender a lidiar con los residuos sólidos mediante la separación en sus hogares, escuelas y lugares de trabajo. Realiza una investigación cuyo objetivo fue estudiar y desarrollar un modelo adecuado de reducción de residuos y la separación en la comunidad bajo el proceso de aprendizaje de la comunidad. Consiste en cuatro pasos:

- Paso Uno: La investigación se llevó a cabo para obtener información sobre la eliminación de residuos sólidos en Bang Sue District, Bangkok, Tailandia, el empleo de las discusiones de grupo con miembros de la comunidad y de la recopilación de datos sobre el terreno. Las discusiones de grupo fueron entre los líderes de la comunidad, el investigador y los coordinadores.
- Paso dos: Las actividades para el desarrollo del modelo consistían en grupos de discusión, talleres y el desarrollo de una prueba de conocimientos y comportamientos en relación con la eliminación de residuos.
- Paso tres: La experimentación con el modelo que consiste en pre - prueba y post - prueba de conocimientos y comportamientos relativos a la eliminación de residuos sólidos; puerta a puerta de transmisión de conocimientos y conductas apropiadas en relación con la eliminación de residuos sólidos; y la recolección de datos sobre la velocidad y la cantidad de residuos generados, y la separación de residuos.

- Paso cuatro: Evaluación del modelo desarrollado consiste en las evaluaciones basadas en indicadores físicos de los residuos, las opiniones de los expertos, y los impactos en las comunidades participantes.

Con la puesta en marcha de este sistema, la tasa de generación de residuos disminuyó, mientras que la separación de residuos aumentó.

Pearl Moya *et al*. (2008), en un estudio realizado en la ciudad de New York , USA establece que pese al aumento de los esfuerzos para prevenir, reducir, reutilizar y reciclar los residuos, la gestión adecuada de residuos municipales residuos sólidos urbanos (RSU) sigue siendo un problema ambiental importante. Actualmente, hay dos opciones principales para la gestión de tales: La eliminación en vertederos o la incineración en conversión de residuos en energía. Sin embargo, se han planteado preocupaciones en el pasado que tanto las emisiones de los vertederos y las incineradoras pueden plantear riesgos de salud ambiental que hacen ambas opciones no tan óptimas. Ambas de estas tecnologías se han mejorado en los últimos 20 años, sin embargo, en los vertederos modernos se requiere incluir un revestimiento no permeable en el fondo, un tope en la parte superior, y contener y tratar las emisiones tanto como sea posible; mientras que en la incineración en conversión de residuos en energía se requiere de la implementación de tecnologías para el control de las emisiones de ciertos materiales peligrosos, incluyendo metales pesados y dioxinas. El estudio concluye que basado estrictamente en el resultado de la situación de riesgo de salud, se podría concluir que el tratamiento de incineración es una mejor opción que la descarga en vertederos de RSU debido a las diferencias en los riesgos de salud no cancerígenos.

2.2.4 El Caso de Veracruz

El Colegio de Veracruz, como institución educativa superior que tiene entre sus funciones la generación y difusión de conocimiento, se dio a la tarea de elaborar prontuarios sobre el ABC de la administración pública en Veracruz, con el

objetivo de proporcional al cabildo, personal administrativo y a los ciudadanos, información sobre los temas relevantes de la administración municipal, para que la realización de sus funciones y actividades se enmarquen en las posibilidades de promover el desarrollo.

Se escribió un ensayo en 2008 conocido como Prontuario dieciocho en el que se ahonda el tema de la gestión de residuos sólidos urbanos en México como competencia reservada a la administración pública municipal; así lo establece la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) y distintas leyes generales; la Ley General del Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente (LGEEPA). La Ley General para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos (LGPGIR). Normas Oficiales Mexicanas y Normas Técnicas, así como las respectivas leyes estatales. En el caso de Veracruz, la Ley Estatal N° 62 de Protección al Ambiente y la Ley N° S47 de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave, cubren el aspecto legal dentro de esta actividad.

En este ensayo se tocan algunos puntos esenciales y considerados de importancia para la investigación que se lleva a cabo, citando algunos de ellos a continuación:

Cada tres años las nuevas administraciones municipales se encuentran con la pesada carga de un servicio de limpia pública con graves problemas operativos y financieros: el equipo de recolección en el mejor de los casos se encuentra en condiciones apenas regulares; la mayoría no cuenta con sitios de disposición final adecuados, lo que origina una transferencia de contaminantes al aire, al agua y al suelo; las condiciones de trabajo del personal que brinda el servicio de recolección son insalubres y peligrosas: la ciudadanía no se asume corresponsable y contribuye muy poco a un manejo más o menos eficiente de los residuos, ya no digamos sustentable. En muchos casos se tiene que empezar de cero con la esperanza de terminar en cero.

En algunos municipios importantes un colapso del servicio de limpia pública tiene un enorme impacto ambiental, social, en la salud de la población, así como en la imagen pública de la administración, y por lo tanto el servicio funciona regularmente, aunque no necesariamente en forma eficiente. Estos municipios,

con apoyo del gobierno estatal o por concesiones a particulares, cuentan con rellenos sanitarios cuya vida útil se agota prematuramente, obligando a nuevos estudios, inversiones millonarias y conflictos latentes. Los costos de la prestación del servicio son muy elevados y no es necesario argumentar demasiado para sostener que su sustentabilidad es dudosa.

Por su parte, los municipios pequeños y medianos cercanos a las ciudades importantes, pueden beneficiarse en alguna medida de los rellenos sanitarios que funcionan con carácter regional. Aunque hay que señalar que la cobertura es insuficiente y no alcanza para cubrir la demanda de todos los municipios que actualmente disponen de sus residuos en tiraderos a cielo abierto, y para poder disponer en los actuales rellenos sanitarios, o en los que se tienen proyectados por la administración estatal tendrían que modificar totalmente sus operaciones, a través de estaciones de transferencia y programas de entrega separada de residuos.

Es interesante comentar que salvo en algunos municipios que cuentan con sistemas contables muy estrictos, en la mayoría de casos se desconoce el costo real del servicio. Por lo general la contabilidad y la administración de recursos del sistema de limpia pública están diluidas en la administración general del Ayuntamiento.

Además existen costos ocultos y/o difíciles de cuantificar, pero directamente vinculados a la sustentabilidad del sistema. Por ejemplo, ¿cuánto cuesta contaminar con lixiviados procedentes de un tiradero un acuífero subterráneo?, o ¿cuánto cuesta el daño ambiental provocado por la quema accidental o premeditada en un tiradero?, o el pasivo ambiental heredado a las generaciones futuras.

La estrategia general propuesta por el autor fue proporcionar una herramienta cuya finalidad es orientar a la administración municipal, en el cumplimiento de sus obligaciones legales en materia de residuos sólidos urbanos de tal modo que por medio de un diagnóstico de su desempeño ambiental actual, y de la identificación de sus necesidades presentes y futuras, la administración municipal pueda ser más eficiente en las operaciones del sistema, y minimizar a la vez el impacto ambiental negativo con la reducción de los costos operativos del

sistema, es decir, dándole sustentabilidad real a la política ambiental municipal en materia de RSU en un horizonte de 15-20 años.

De resaltar de esta publicación la propuesta hecha por el autor en el planteamiento de un nuevo esquema de trabajo para el manejo de los RSU. Se le llamó "separación en tres partes".

Según Ruíz Estrada (2008), las tres fracciones de RSU y la forma en que permite articular todas las etapas del servicio se definen como:

- Fracción orgánica, compuesta principalmente por residuos de comida y desechos de jardinería. Estos residuos pueden ser estabilizados por composteo, sin embargo se requieren instalaciones, equipo y personal para llevarlo a cabo. Es posible compostear una parte de esta fracción y reducir la carga sobre el relleno sanitario y contribuir a alargar su vida útil; puede ser una actividad alternativa a personas dedicadas a la pepena y una plataforma para personas y grupos ambientalistas.
- Fracción reciclable, compuesta por materiales de empaque y envase (plástico, cartón, vidrio y aluminio, principalmente) y otros materiales que tienen o pueden tener valor comercial. Su manejo separado desde la fuente permite hacer mucho más eficiente su recuperación, reducir la carga sobre el relleno sanitario, generar un ingreso al sistema y reducir costos.
- Fracción sanitaria y deshechos finales, compuesta por papel sanitario, toallas femeninas, pañales desechables, materiales muy sucios o contaminados, excretas de animales domésticos, entre otros. Su manejo separado e identificado permite un manejo más eficiente y digno por parte del personal de limpia pública.

En este esquema se incluye:

a) Almacenamiento temporal y entrega de residuos sólidos domiciliarios separados en tres partes. En donde es de vital importancia la participación ciudadana en coordinación con las autoridades, empresas generadoras de cantidades considerables de RSU como patrocinadores de ciertas acciones para facilitar la separación de RSU y de las instituciones educativas promoviendo el sistema.

b) Barrido y papeleras, como parte de lo servicio municipales públicos, en el que se oriente a los barrenderos a efectuar la separación o que se brinden papeleras publicas bajo los 3 esquemas descritos.

c) Recolección, teniendo especial cuidado en diferenciarlo de las actividades de pepena, ya que se supone que esta etapa sería la parte donde se obtienen ganancias en el sistema.

Al involucrar estos procesos se prevé una respuesta contraria por parte de los pepenadores, que verían reducido su campo de operación. Ya que se sabe emplean parte de los recursos del municipio tales como tiempo de recorrido de los camiones, combustible y parte de los jornales de trabajo en estas operaciones. Reconociendo también que es una compensación por los bajos salarios y las condiciones de trabajo insalubres y peligrosas.

d) Transferencia y transporte. En la que se requiere la recuperación de material reciclable y procesamiento básico, mantenimiento, servicios al personal, servir como área de contenedores para entrega separada, entre otras funciones.

e) Tratamiento. Se refiere a lograr elevar el porcentaje de recuperación de materiales reciclables y composteo, y reducir costos operacionales y unitarios.

f) Disposición Final. Se refiere al relleno Sanitario, como última opción de la colocación de los RSU bajo un esquema seguro y amigable con el medio ambiente. Se requiere de personal profesionalizado con alto sentido de responsabilidad para la toma de decisiones y atención de emergencias.

El autor concluye que cumplir con las obligaciones legales que en materia de RSU tienen los Ayuntamientos, requiere de un esfuerzo administrativo que trasciende el periodo de tres años de la administración municipal, además requiere de recursos que muchas veces no están disponibles en forma inmediata, es indispensable construir una nueva relación entre autoridades y ciudadanos, entre servidores públicos y beneficiarios del servicio, requiere de la profesionalización del personal responsable y una contabilidad transparente.

2.2.5 El Caso Querétaro

En un documento interno que sirve de informe de actividades al mes de enero del año 2014, elaborado por la Dirección de Aseo y Alumbrado Público y su departamento de logística y planeación reportan la siguiente información, basándose en el censo INEGI 2010.

- Los trabajos de recolección domiciliaria de residuos sólidos urbanos municipales se encuentran a cargo de la Dirección de Aseo y Alumbrado Público.

- El Sistema de Recolección Domiciliaria de Residuos Sólidos Urbanos Municipales funciona los 363 días del año (a excepción del 25 de Diciembre y 1° de Enero).

- En cuanto al territorio se refiere, el municipio de Querétaro cuenta con una extensión territorial de 689.8 Km2, dividido en 7 delegaciones políticas. El servicio de recolección de basura está dividido en 3 zonas, donde cada zona se divide en rutas, las cuales se atienden en número de servicios (Tabla1).

Tabla 2-1 Clasificación por Delegaciones del Servicio de Recolección de Basura en el municipio de Querétaro.

DELEGACION	SUPERFICIE	ZONA	RUTAS	SERVICIOS
Centro Histórico	19.6	I	12	102
Epigmenio González Flores	66.5	II	25	112
Josefa Vergara y Hernández	33.5			68
Villa Cayetano Rubio	17.4			25
Felipe Carrillo Puerto	146.0	III	34	83
Félix Osores Sotomayor	39.3 2			115
Santa Rosa Jáuregui	367.5			73
TOTAL	689.8		71	578

- El servicio de recolección de residuos sólidos urbanos tiene una operatividad de Lunes a Sábado distribuidos en 3 turnos laborales (1er. Turno o Matutino, 2ndo. Turno o Vespertino y 3er. Turno Nocturno) de acuerdo a las necesidades de la zona, disponibilidad de vehículos y movilidad en los recorridos. Con servicios en modalidad: diario, tres veces por semana, dos veces por semana o una vez por semana. En zonas estudiadas, cuantificadas y definidas como rutas, de acuerdo a la generación de residuos, ubicación al interior del municipio, conectividad a las principales vialidades, así como por la cercanía a la Infraestructura de Aseo Público (Corralones de Limpia, Unidad de Transferencia y Relleno Sanitario Municipal de Querétaro).

En cuanto a la Generación de Residuos Sólidos Urbanos y recorridos por zona, se tienen los siguientes datos (Tabla 2):

Tabla 1-2 Clasificación por Delegaciones de la Generación de Residuos Sólidos en el municipio de Querétaro.

DELEGACION	HABITANTES	GENERACION RESIDUOS	RECORRIDOS Km/Jor
Centro Histórico	115,254	112,833.67	539.0
Epigmenio González Flores	129,959	127,229.86	1,955.0
Josefa Vergara y Hernández	109,438	107,139.80	
Villa Cayetano Rubio	102,259	100,443.44	
Felipe Carrillo Puerto	124,327	121,716.13	2,423.0
Félix Osores Sotomayor	170,746	167,160.33	
Santa Rosa Jáuregui	49,618	48,576.02	
TOTAL	801,940	785,099.26	4,917.0

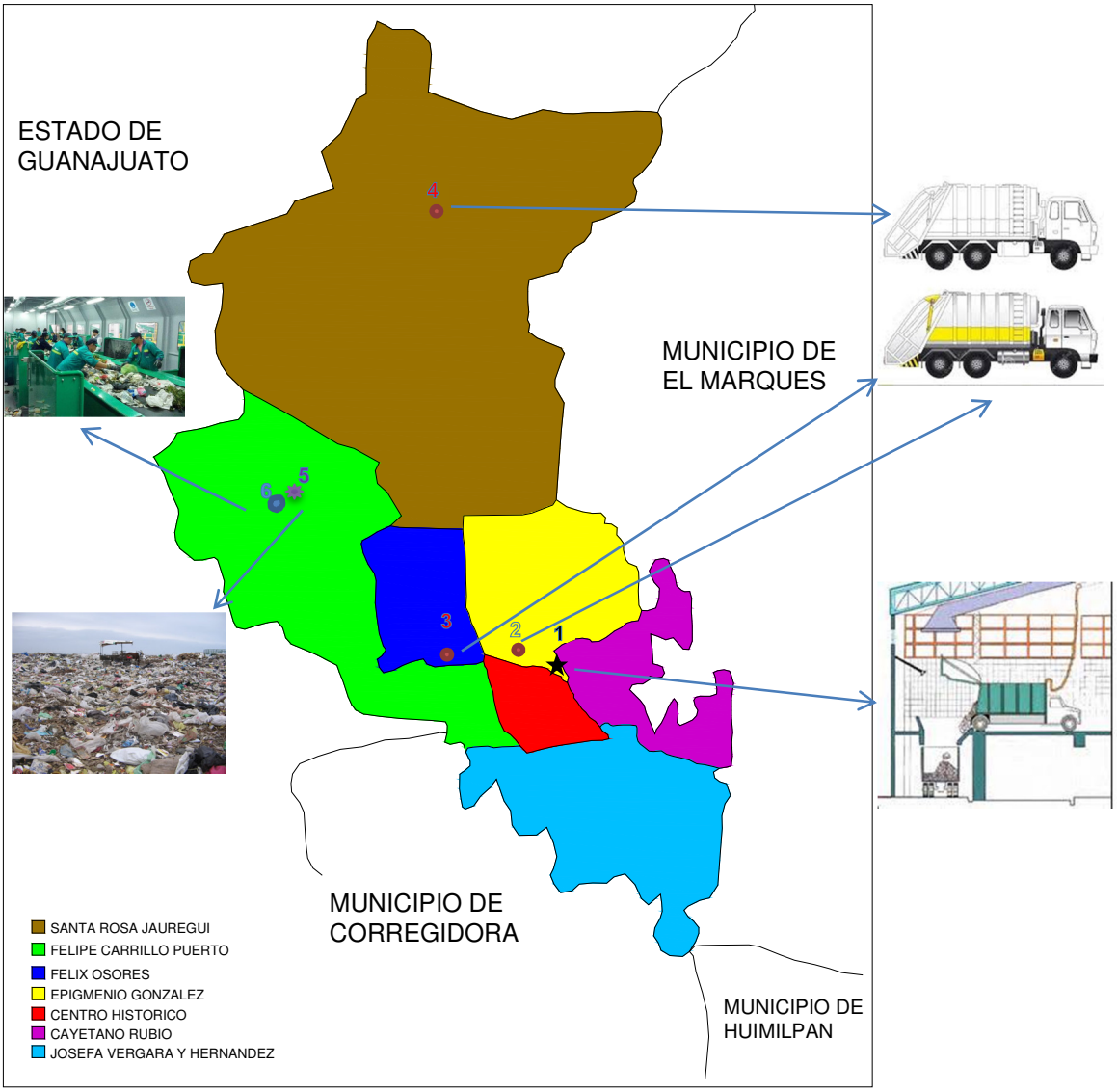
Los recursos humanos para los servicios son 356 personas con las siguientes categorías: 1 director, 2 jefes departamento, 1 Analista, 2 Secretarias, 1 capturista, 1 asistente, 3 jefes de zona, 1 jefe unidad de transferencia, 12 supervisores, 97 operadores de vehículos y 235 recolectores.

El parque vehicular se comprende de: 4 camionetas tipo estaquitas, 81 Vehículos Recolectores Sistema Carga y Compactación Trasera, 6 Tracto-camiones UT + 7 Cajas Compactadoras, 4 Chasis-Cabina CT + 23 Contenedores y 2 Chasis-Cabina CT Mercados + 7 Contendores de Mercado. El resto de la infraestructura con la que cuenta el municipio se indica en figura 1.

El estudio concluye en que se requiere de un estudio constante y reestructuración de las rutas debido al crecimiento acelerado de la población en el municipio de Querétaro. Con una población de 801,940 habitantes en el año 2010 según censo INEGI, más los nuevos habitantes asentados en Querétaro. Estimando que llegaron aproximadamente 53,664 - 80,496 - 87,240 en los últimos 3 años.

Con las datos históricos obtenidos y el desarrollo del estado del arte, se puede afirmar que con el empleo de tecnologías aplicadas a un sistema de transporte, una eficiente coordinación y comunicación entre los operadores de un sistema; servidores públicos en este caso; y los investigadores; a través de la Universidad Autónoma de Querétaro en este mismo caso; y el conocimiento pleno de las características y complejidades del sistema que se trabaja permite proponer mejoras operacionales y rediseñar un sistema. Sin embargo, se hace necesario un mayor análisis, ya que diferentes sistemas requieren de soluciones particulares. En investigaciones similares se puede enfrentar situaciones donde los beneficios no son tan sustanciosos a comparación del trabajo y el esfuerzo que se requiere para poner en marcha un trabajo como el que se lleva a cabo.

DELEGACIONES DEL MUNICIPIO DE QUERÉTARO:



★ 1) Unidad de Transferencia de Residuos Sólidos Urbanos ubicada en Av. Paseo de la Reforma # 6 entre las Calles Paseo de La Colina y Antiguo Acceso al Aeropuerto, Col. Arboledas, Del. Epigmenio González Flores.

● 2) Corralón de Limpia E.G.F. Calle Prof. Eduardo Loarca Castillo #102 entre las Calles Tláloc y Playa Rincón, Colonia Desarrollo San Pablo, Del. Epigmenio González Flores.

● 3) Corralón de Limpia F.O.S. Av. Tarahumaras #500 entre las Calles Zacapoaxtlas y Pames, Col. Cerrito Colorado, Del. Félix Osores Sotomayor.

● 4) Corralón de Limpia S.R.J. Av. 20 de Noviembre entre las Calles Matamoros y Vicente Guerrero, Col. Santa Rosa Jáuregui Centro, Del. Santa Rosa Jáuregui.

5) Relleno Sanitario Municipal de Querétaro Carr. a Mompani Km 5.50, Com. Mompani, Del. Felipe Carrillo Puerto. Y

● 6) Planta Separadora de residuos Valorizables Ubicada al interior del Relleno Sanitario Municipal de Querétaro.

Figura 2-1 Infraestructura y equipamiento de las Delegaciones del Municipio de Querétaro.

2.3 Optimización de sistemas de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos.

Existe un manual adaptado por SEDESOL (2002), en base al cual se diseñan la mayoría de las rutas de recolección de los municipios de México. Se ha demostrado que en base a él es factible promover mejoras en el sistema de recolección de residuos sólidos urbanos.

En esta publicación se resalta el hecho de que la problemática se da principalmente en las áreas de mayor población, donde generalmente no se tiene la suficiente capacidad para recoger los residuos sólidos generados, conduciendo a la aparición de tiraderos clandestinos, que se convierten en potenciales focos de infección en las ciudades.

Los autores de este manual recalcan que tanto la capacidad de los camiones, las distancias, el crecimiento acelerado de nuevos centros de población, aunado al mal diseño de las rutas contribuye a que el servicio de recolección no cumpla con las expectativas esperadas de este servicio. Indican también, que en la mayoría de los casos, las rutas se diseñan de forma intuitiva, en lugar de ser creadas a partir de un estudio técnico, de ahí que los tiempos y gastos en combustible se vean incrementados. Se indica también que las personas también contribuyen con este problema al depositar en cualquier lugar sus residuos, complicando los procesos de recolección y obligando a los camiones a detenerse por más tiempo en un lugar o recorrer más distancias fuera de las programadas en la ruta original de recolección.

Tomando como base dicho manual, y con la información que se recopiló en el municipio se realizó una evaluación con este método para saber cómo se comportan las rutas que actualmente se trabajan. A manera de ejemplo se toma los datos de la Delegación Centro Histórico, expuestos en la sección de resultados.

3. METODOLOGÍA

3.1 Descripción de Etapas

Se parte del hecho de que se requiere instrumentar la flota de camiones recolectores de basura con dispositivos GPS para medir los parámetros de operación y proponer mejoras en el sistema de la recolección de basura en el Municipio de Querétaro. Se trabajó de manera conjunta con la Secretaría de Servicios Públicos Municipales en las distintas etapas y se generaron propuestas de mejora en la planeación, operación y control del sistema.

Se adaptó el sistema de la Dependencia para realizar el sistema de monitoreo de la operación del servicio, el cual es importante para la planeación, gestión y control del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos. Se contó con un escenario inicial sin el empleo de Sistemas GPS y se comparó con el escenario final, ya con el empleo de dichos sistemas.

La Secretaría de Servicios Públicos Municipales del Municipio de Querétaro manifestó su conformidad para apoyar al proyecto, de acuerdo a, entre otros, los siguientes pasos:

- Proporcionó información sobre la operación de las rutas de recolección de residuos sólidos urbanos, generándose un diagnóstico inicial del sistema.

- Se diseñó, de manera conjunta una estrategia para la instrumentación de los vehículos propiedad del municipio, en la que se definieron las rutas a monitorear y la frecuencia de la intervención, en función de las características, prioridades y problemática que se identificaron dentro del sistema.

- Se establecieron los procedimientos para la instalación/recuperación periódica de los equipos portátiles GPS, así como los protocolos sanitarios que resultaron necesarios para la protección de los participantes.

Como parte de la tesis, se realizaron las siguientes actividades:

- Análisis de la operación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos (residenciales).

- Entrega/recuperación periódica de dispositivos portátiles GPS, descarga, almacenamiento y procesamiento de datos de geo-referenciación (distancia, tiempo, velocidad, longitud, latitud y altitud) de cada vehículo/ruta.

- Generación de mapas de acuerdo a los datos que se fueron generando.

De manera conjunta con la SSPM, se realizaron las siguientes actividades:

- La comparación de las rutas planeadas contra las reales usando parámetros de productividad como: tiempos de recorrido, kilómetros recorridos, número de acarreos, toneladas/kilómetro y litros de combustible/tonelada.

- La determinación de los costos operativos y potenciales ahorros con el uso permanente de dispositivos GPS en los camiones del municipio, como un equipo fijo de serie.

- Se hizo una propuesta de acciones de mejora en el sistema que resultaron de las innovaciones tecnológicas.

La primera parte de este trabajo consistió en realizar un reconocimiento del problema de recolección de residuos sólidos. Es decir realizar una revisión del Estado del Arte para entender desde el fondo el concepto de la basura y su manejo, su logística, los problemas a los que se enfrentan los servidores de este

servicio, las tecnologías aplicadas, algunos casos de éxito, su normativa, el potencial valor en trabajos de reciclado, entre otras cosas.

En la segunda etapa, a la cual se le dio el nombre de etapa de recorridos, se efectuó toda la logística para la puesta en marcha de la colocación de los dispositivos GPS en los camiones recolectores y obtener datos de campo que nos permitieron obtener parte de las variables buscadas en esta investigación. Entre otros puntos de la figura 2, se describen los siguientes:

ETAPA 1

DEFINICIÓN DE PROCEDIMIENTOS

PASOS 1 A 8

Calibración de equipo GPS	Instalación de software	Carga periódica de baterías	Descarga de datos	Prueba piloto	Almacenaje de datos	Interpretación de datos	Formatos para presentación de datos

ETAPA 2

ETAPA OPERATIVA

PASOS 9 A 13

Selección de ruta	**Entrega de dispositivos**	**Obtención de datos**	**Proceso de información**	**Informe comparativo de ruta**

Figura 3-1 Diagrama de secuencia en la etapa de recorridos. Elaboración propia.

3.1.1. Primer Etapa: Definición de procedimientos

Permite ver los alcances de los dispositivos, en cuanto a capacidad de frecuencia, calibración de fechas y horas, el tipo de ambiente o sistema operativo entre GPS y PC para la comunicación y descarga de datos, así como la capacidad de almacenaje, duración de las baterías y detectar algún problema con alguno de los equipos. Se definen los siguientes puntos:

1) Calibración de equipo GPS.- Consiste en configurar la hora y fecha en los dispositivos, de tal manera que una vez configurados todos los datos de los recorridos coincidirán con los reales.

2) Instalación de software.- Se requiere encontrar el ambiente correcto entre GPS y PC para la interfaz y descarga de datos. Se intentó en varios ambientes de sistemas operativos, con los siguientes resultados: el software funciona mejor en ambiente Windows XP, haciendo algunos ajustes con Windows 7 y no recomendable en Macintosh.

3) Carga periódica de baterías.- Permite saber la duración de las baterías cuando los dispositivos se encuentran en movimiento. En este caso, las baterías soportan 48 horas de trabajo continuo y requieren de 24 horas para su recarga.

4) Descarga de datos.- La descarga de datos se hace conectando directamente el GPS a la PC mediante una unidad USB. El software permite en aproximadamente 12 minutos realizar la descarga de los datos. Una vez confirmada la descarga, se procede a su borrado y nueva programación en ruta.

5) Prueba piloto.- Para afinar algunos puntos que entre otros son, los lugares y horarios de entrega de los dispositivos al personal encargado de los servicios, la puesta en marcha en los camiones recolectores y la capacitación a los operadores para la colocación de los dispositivos y evitar pérdidas de señal, así

como la recuperación de los mismos, se decidió efectuar algunas pruebas piloto que permitan detectar problemas en este proceso.

6) Almacenaje de datos.- Considerando que se generará una cantidad grande de archivos, dado a que las rutas de recolección de residuos sólidos recorren 7 Delegaciones municipales, con 71 rutas programadas en diferentes días, turnos y horarios. Se acuerda diseñar para los diferentes recorridos un sistema de almacenaje de los archivos que incluya una codificación a base de 3 letras de la delegación a la que pertenece, seguida del número de ruta y las fechas de los recorridos.

7) Interpretación de datos.- Para la interpretación de datos se contó con planos de recorrido inicial que fueron entregado por el municipio, en los que se incluyen los datos de los recorridos tanto en distancias como en tiempo, así como la densidad de población y el tonelaje de recolección. Con nuestro análisis de recorrido, se tienen herramientas para evaluar algunos de estos datos, los cuales se corroboran o corrigen.

8) Formatos para presentación de datos.- Se genera un plano por ruta en el que se hace el comparativo entre la ruta de proyecto y la real. Se resaltan las desviaciones entre ellas y posibles omisiones de recorridos.

3.1.2. Segunda Etapa: Etapa operativa

Se obtuvieron todos los datos de campo mediante los recorridos de los camiones recolectores de residuos sólidos. Se intentó realizar al menos un recorrido en cada una de las rutas que conforman el sistema. Se definieron los siguientes puntos:

9) Selección de ruta.- Considerando que por condiciones de tiempo, o accesibilidad por parte de los servidores que se encargan de operar el sistema no sea posible recorrer todas las rutas con los dispositivos GPS, se hizo necesario dar prioridad algunas rutas bajo algún esquema. En este caso se procedió a

determinar variables de mayor importancia, que entre otras fueron: por delegación, zona, ruta, horario, mayor interés por parte del municipio, ruta problemática, con mayor manejo de residuos, incidencia de reportes.

10) Entrega de dispositivos.- En esta parte definimos de acuerdo a los recorridos, uno de los 3 corralones con los que cuenta el municipio para realizar la entrega de los dispositivos debidamente identificados y con el 100 % de carga en las baterías. Al encargado de zona se le entregó un reporte conteniendo la programación semanal de las rutas seleccionadas, que funciona como un registro en bitácora para el control adecuado de fechas, horarios y recorridos. Los dispositivos se entregó en una bolsa trasparente sellada, en la que anexa se encontraba una etiqueta indicando los días en que se harían los recorridos y el día y horario en que habría de regresarse para recopilación de datos.

11) Obtención de datos.- Una vez recuperados los dispositivos, y considerando el medio en el que se mueven, se consideró conveniente hacer una limpieza a manera de desinfección de los mismos, para ello se emplearon toallas húmedas que sirven para eliminar algunos gérmenes. Posterior a ello, se procedió a hacer la descarga de datos y generar una copia de seguridad, la cual se almacenó en un portal en el que tiene acceso desde cualquier sitio con conexión a internet. En este punto las baterías se encontraban sin carga, por lo que se hizo necesario efectuar la recarga por 24 horas. Al día siguiente se ensamblaron nuevamente los dispositivos y se entregaron para hacer un nuevo recorrido, ya fuera en una ruta nueva o haciendo la repetición en la misma ruta.

12) Proceso de información.- En este proceso se hizo una comparativa entre los recorridos de rutas real y de proyecto. Se conocen ahora gracias a los dispositivos GPS y a la interpretación de la información, la longitud total de ruta: traslados internos, traslados externos y longitud de recolección; tiempo total de ruta: traslados internos, traslados externos, tiempos de recolección, tiempo de compactaciones y tiempo de descarga, y de manera indirecta, con los datos que

aporta el municipio, el tonelaje procesado y el consumos de combustible. Otro parámetro obtenido son las velocidades de operación.

13) Informe comparativo de ruta.- Con la conjunción de todos los procesos anteriores se estuvo en condiciones de generar un reporte inicial para cada ruta. Este proceso se hizo de manera repetida hasta concluir todos los recorridos. Una vez completados todos los reportes de ruta, se elaboró un informe final que agrupa el comportamiento de todas las rutas y define como se encuentra operando el sistema.

De manera detallada se analizó la metodología de SEDESOL para la evaluación de las rutas actuales.

3.2 Metodología de la SEDESOL

La Metodología de Sedesol es una de las metodologías más usadas en los municipios de México para el diseño y calibración de rutas.

El Primer paso para aplicar la metodología de SEDESOL y evaluar las rutas de recolección RSU consistió en hacer un concentrado con los datos que proporcionó el municipio y dentro de esta misma tabla plasmar los datos que se obtuvieron durante la etapa de recorridos con los dispositivos GPS de a bordo.

La metodología consiste en tratar de igualar la siguiente expresión:

$$\frac{P}{d} = \frac{a \times T \times r}{60}$$

Donde:

P = población de la zona que atenderá un vehículo en cada turno.

d = densidad de población en hab/km.

a = proporción de distancia productiva en relación a la distancia total.

Importante aclarar este parámetro, ya que se refiere a la distancia cuando el camión recolector tiene carga a bordo, es decir, durante la etapa de recolección y el traslado a la unidad de transferencia o relleno sanitario. Se omite entonces, los traslados internos en corralón, la distancia recorrida para llegar al inicio de la ruta y los regresos sin carga para incorporarse nuevamente a ruta o al lugar de guarda.

T = tiempo disponible para la recolección en minutos.

r = velocidad de avance del vehículo durante la recolección, en km/hr.

El diseño de rutas consiste principalmente en aumentar los valores de "a", es decir, que las distancias productivas sean máximas y que las longitudes muertas se reduzcan tanto como sea posible. Se tiene entonces 2 casos:

$\frac{P}{d} > \frac{a \times T \times r}{60}$	El tiempo disponible no alcanza para cumplir la tarea y es preciso hacer ajustes. Puede ser el caso de dejar sin atención parte de la ruta.
$\frac{P}{d} < \frac{a \times T \times r}{60}$	Sobra tiempo disponible. Es posible que se pueda asignar más distancia de ruta para aprovechar el jornal de trabajo.

Una vez concentrados los datos y realizado los cálculos correspondientes se presenta la información resumida en gráficos, de tal manera que sea más fácil su interpretación. Se asignaron dos límites, tanto superior como inferior para determinar un grado de aceptación en cada una de las rutas.

3.3 Software empleado

Para la obtención de datos de los equipos GPS se utilizó un Software denominado:

Past-Track Version 9.4.1.0

Copyright © 1994-2011, Land Air Sea System. Inc.

Nos permite manejar entre otras cosas los siguientes datos:

a) Mapas a diferentes escalas, añadir datos de elevación (msnm), rangos de velocidad mediante coloraciones, horarios de recorridos, coordenadas de cada punto, paradas bajo ciertas condiciones de tiempo. Ver figuras 3 y 4.

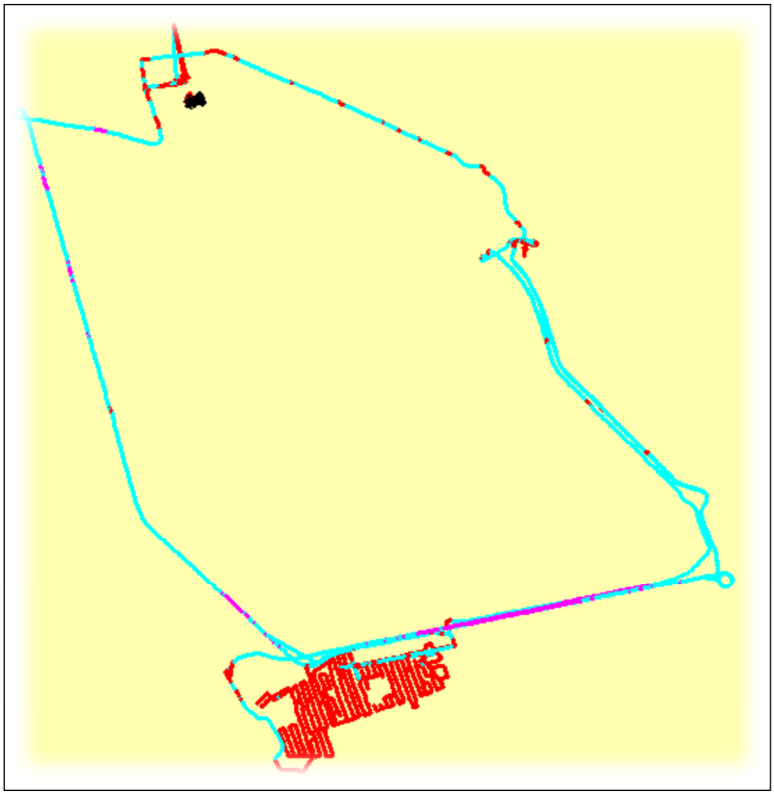


Figura 2-2 Mapa de Rutas elaborado con Software Past Track.

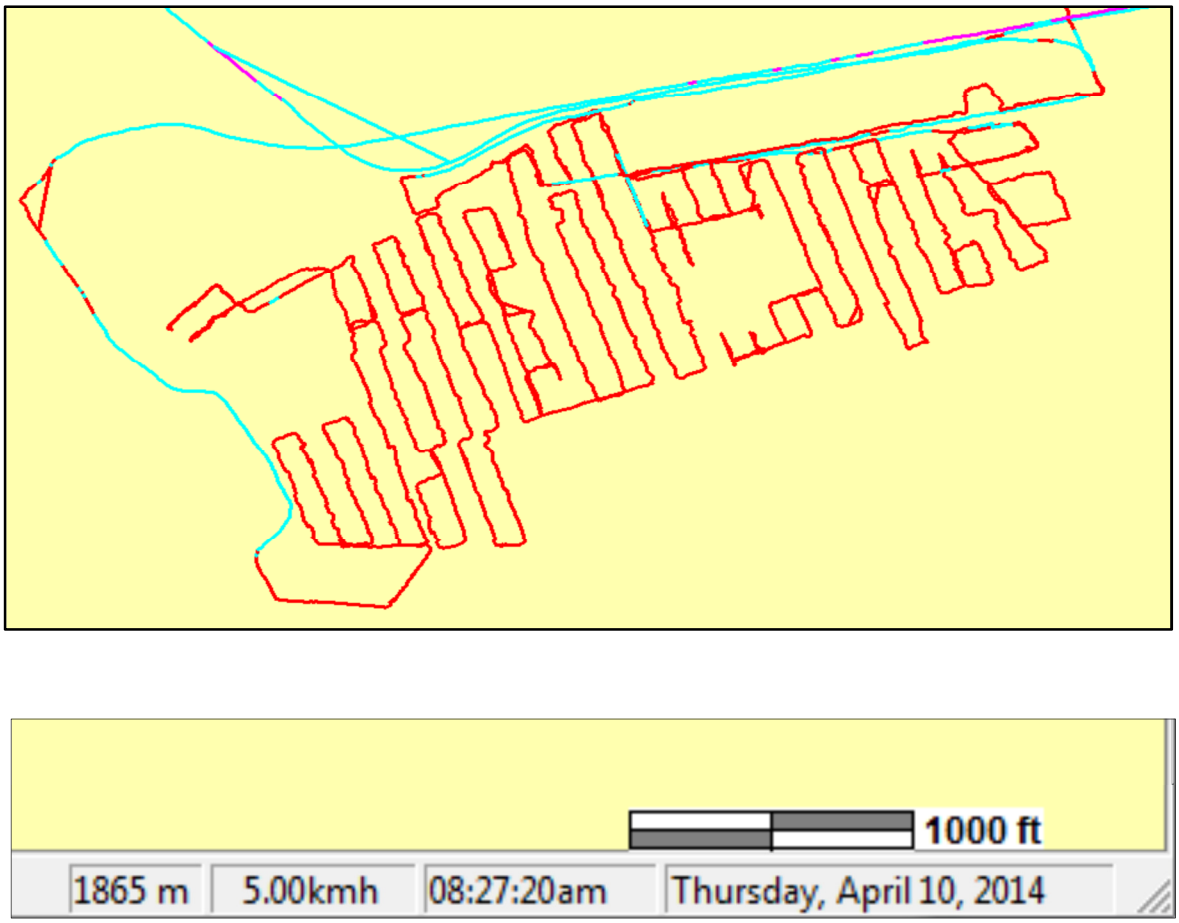
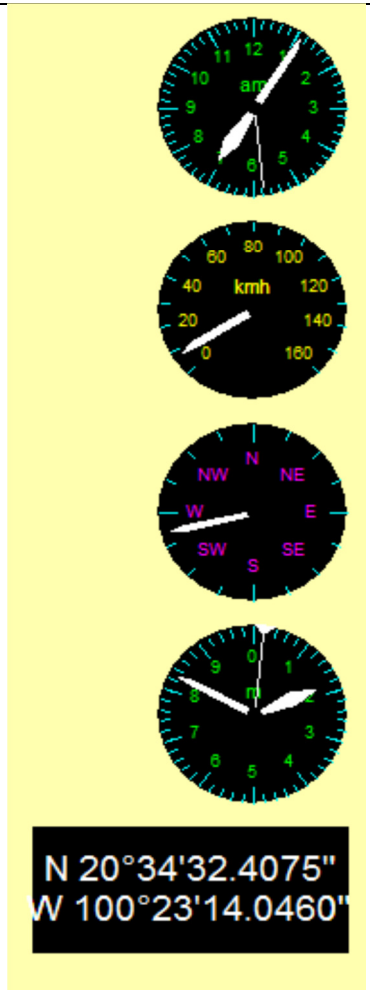


Figura 3-3 Mapa de Rutas con variación de escala elaborado con Software Past Track.

Este mapa nos permite ver la ruta que sigue un vehículo y conocer los rangos de velocidad a los que se desplaza.

Es factible también observar diferentes paneles de reloj, velocímetro, rumbo, altimetría y coordenadas. Así como reporte diario de recorrido. Ver figura 5.

El Software es compatible con Google Earth, por lo que se puede ensamblar las rutas en imágenes (Figura 6) y comparar los recorridos con los planeados (figura 7). Datos informativos se indican en cuadros anexos (Figura 8).



RELOJ

VELOCIDAD

RUMBO

ELEVACIÓN

COORDENADAS UTM

REPORTE:

Daily Driving Report

Date Span : Thursday, April 10, 2014 ~ Thursday, April 10, 2014

Thursday, April 10, 2014

Departed From : Playa Cortez 106-108, Desarrollo San Pablo, 76125 Santiago de Querétaro, Querétaro, México

Arrived At : Prof. Eduardo Loarca Castillo, Desarrollo San Pablo, 76125 Santiago de Querétaro, Querétaro, México

Total Driving Time : 7 hours, 8 minutes, 7 seconds

Total Mileage Driven : 78.7 km

Maximum Speed : 70.0 kmh

Departed	Driving Time	Arrived	Location Arrived	Distance (km)	Stopped Time	OBSERVACIONES
06:21:52am	00m:00s	06:21:52am	Playa Cortez 106-108, Desarrollo San Pablo, 76125 Santiago de Querétaro, Querétaro, México	1.8	20m:39s	
06:42:31am	1h:10m:10s	07:52:41am	Calle Manuela Medina, Corregidora (BurÃ³crata), 76070 Santiago de Querétaro, Querétaro, México	18.5	02m:19s	
07:55:00am	1h:21m:21s	09:16:21am	2 208, Lomas de Casa Blanca, 76080 Santiago de Querétaro, Querétaro, México	8.7	15m:52s	
09:32:13am	20m:14s	09:52:27am	Paseo de la reforma 4, Colinas del Parque, 76140 Santiago de Querétaro, Querétaro, México	9.2	14m:52s	UNIDAD DE TRANSFERENCIA
10:07:19am	2h:16m:26s	12:23:45pm	Torres 220, Fidel VelÃjzquez Sánchez, 76197 Santiago de Querétaro, Querétaro, México	18.2	02m:10s	
12:25:55pm	1h:07m:52s	01:33:47pm	Paseo de la reforma 4, Colinas del Parque, 76140 Santiago de Querétaro, Querétaro, México	15.8	12m:02s	UNIDAD DE TRANSFERENCIA
01:45:49pm	35m:00s	02:20:49pm	Prof. Eduardo Loarca Castillo, Desarrollo San Pablo, 76125 Santiago de Querétaro, Querétaro, México	6.2	02m:04s	
02:22:53pm	17m:04s	02:39:57pm	Prof. Eduardo Loarca Castillo, Desarrollo San Pablo, 76125 Santiago de Querétaro, Querétaro, México	0.2	-	

El software genera un reporte en el que se indica la hora de partida, el tiempo de recorrido, el punto donde se arriba, la distancia recorrida, los tiempos de parada, un reporte del total de tiempo y distancia recorrida y la velocidad máxima alcanzada.

Figura 3-4 Paneles de Software Past Track y reporte diario de recorridos.

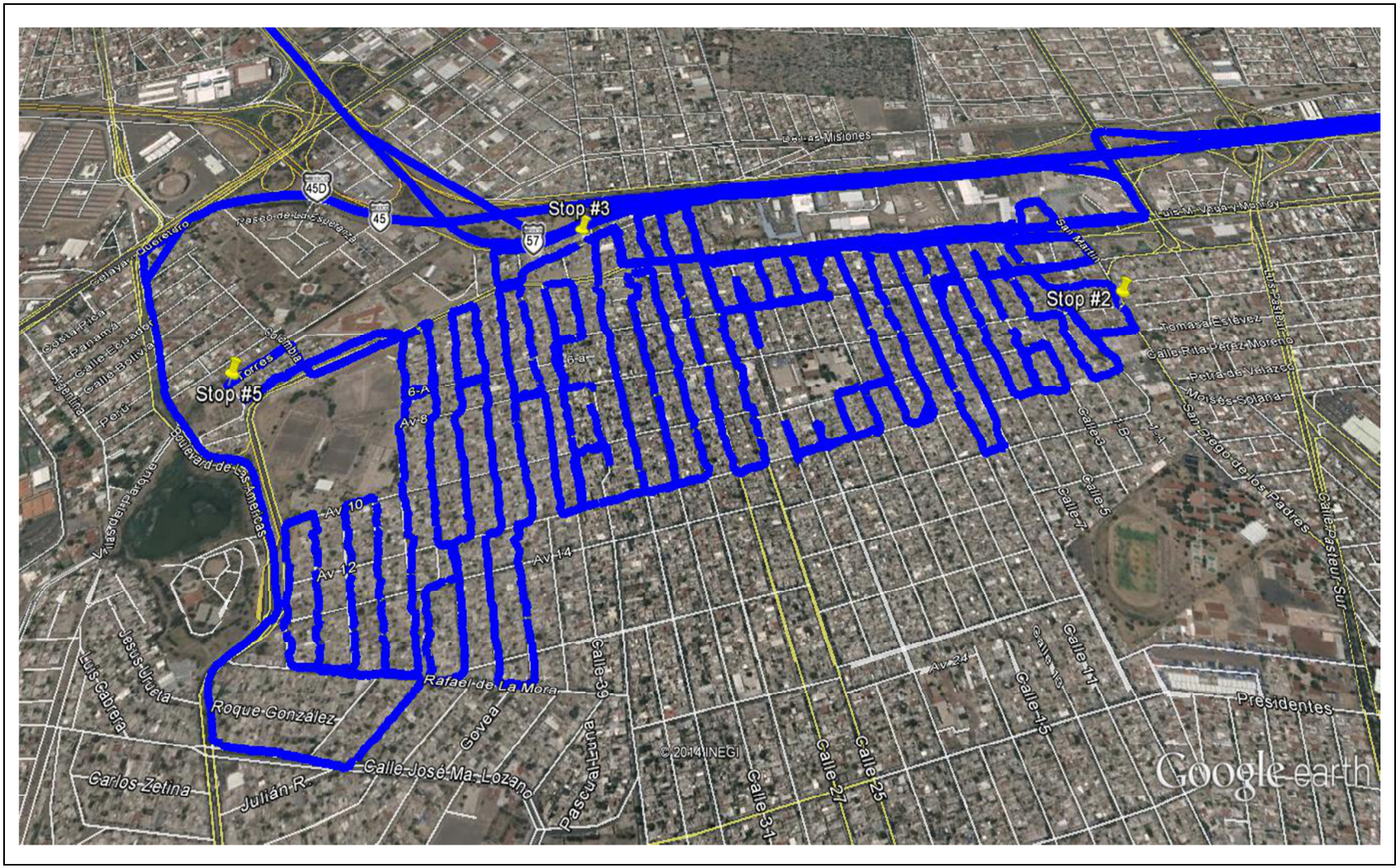


Figura 3-5 Ensamble de recorrido de ruta en Google earth.

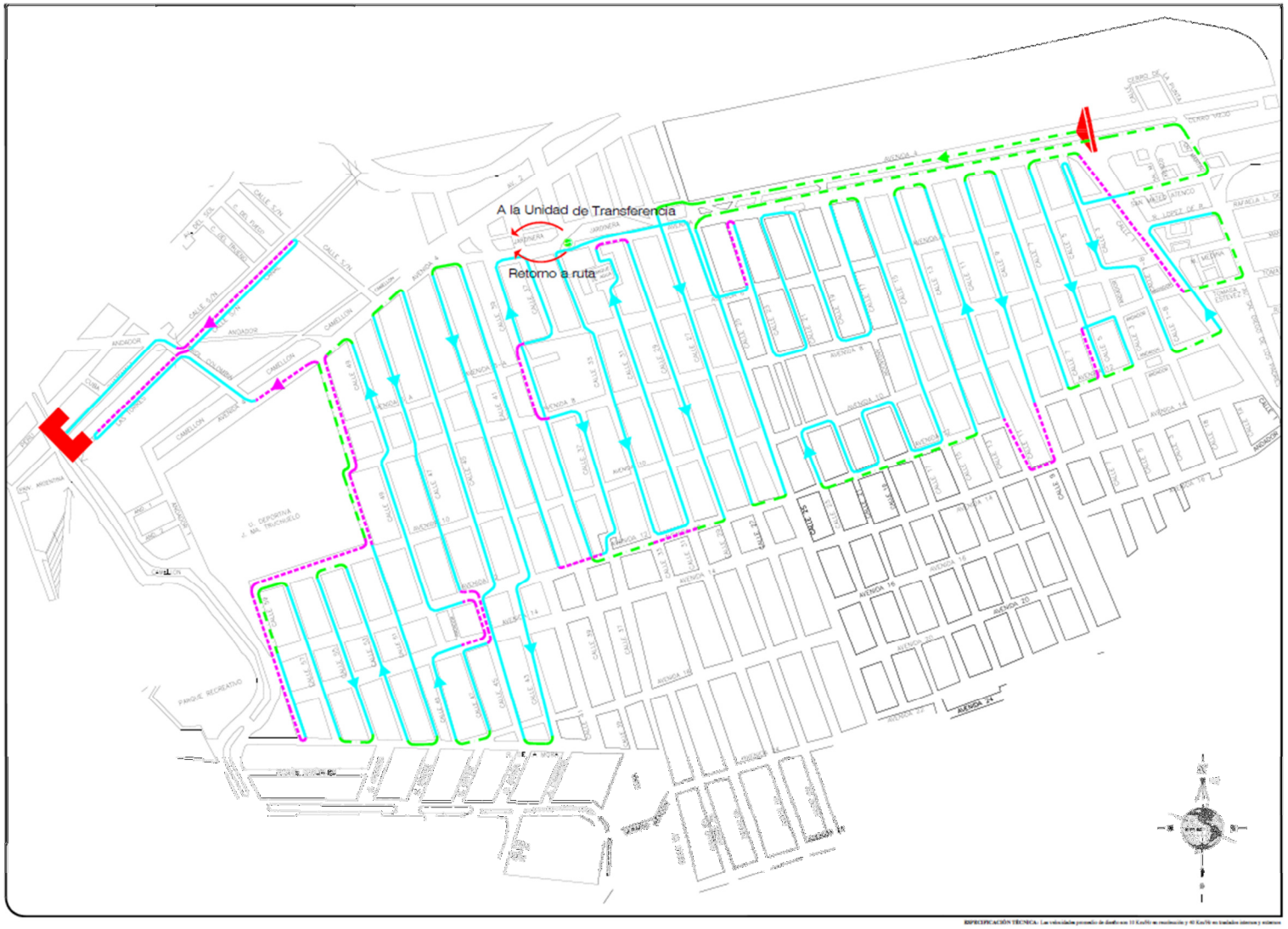
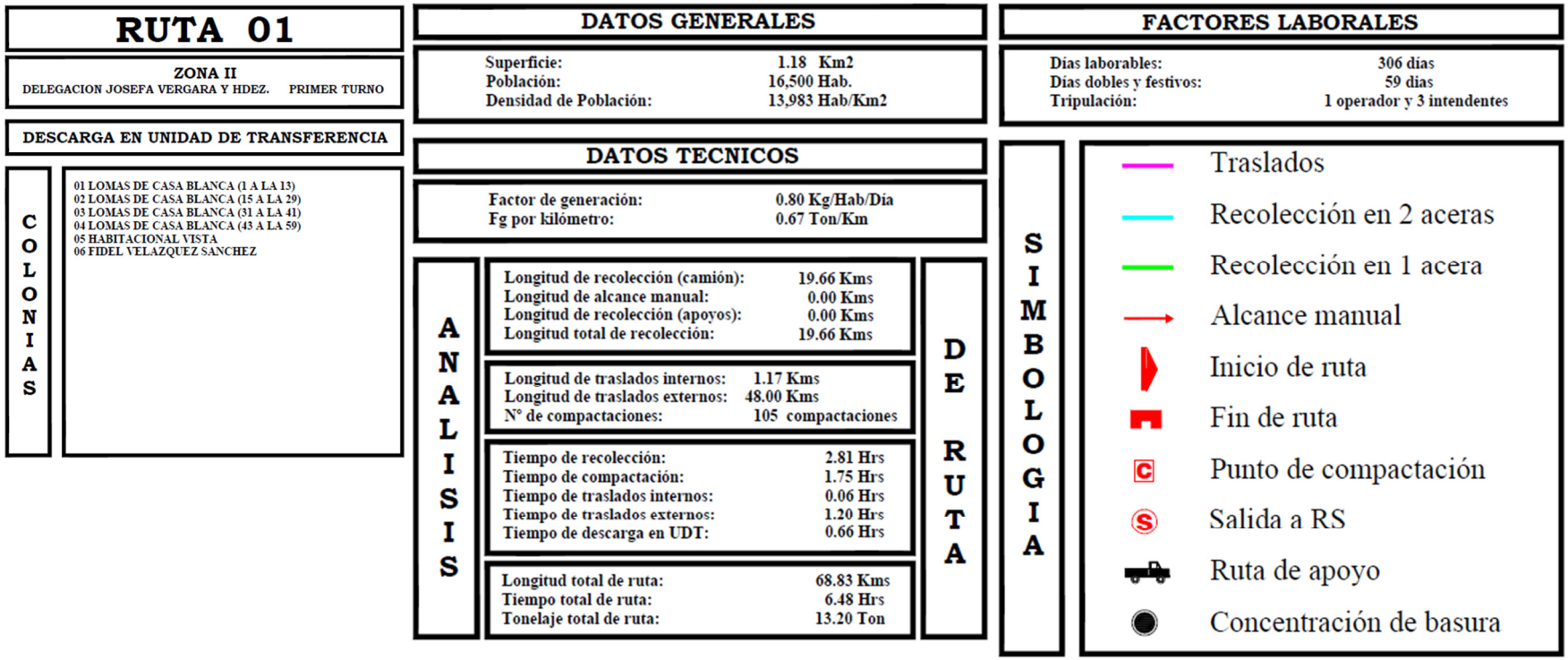


Figura 3-6 Ejemplo de mapas de recorridos planeados por el municipio.



RUTA 01

ZONA II
DELEGACION JOSEFA VERGARA Y HDEZ. PRIMER TURNO

DESCARGA EN UNIDAD DE TRANSFERENCIA

COLONIAS

01 LOMAS DE CASA BLANCA (1 A LA 13)
02 LOMAS DE CASA BLANCA (15 A LA 29)
03 LOMAS DE CASA BLANCA (31 A LA 41)
04 LOMAS DE CASA BLANCA (43 A LA 59)
05 HABITACIONAL VISTA
06 FIDEL VELAZQUEZ SANCHEZ

DATOS GENERALES

Superficie:	1.18 Km2
Población:	16,500 Hab.
Densidad de Población:	13,983 Hab/Km2

DATOS TECNICOS

Factor de generación:	0.80 Kg/Hab/Día
Fg por kilómetro:	0.67 Ton/Km

ANALISIS DE RUTA

Longitud de recolección (camión):	19.66 Kms
Longitud de alcance manual:	0.00 Kms
Longitud de recolección (apoyos):	0.00 Kms
Longitud total de recolección:	19.66 Kms
Longitud de traslados internos:	1.17 Kms
Longitud de traslados externos:	48.00 Kms
N° de compactaciones:	105 compactaciones
Tiempo de recolección:	2.81 Hrs
Tiempo de compactación:	1.75 Hrs
Tiempo de traslados internos:	0.06 Hrs
Tiempo de traslados externos:	1.20 Hrs
Tiempo de descarga en UDT:	0.66 Hrs
Longitud total de ruta:	68.83 Kms
Tiempo total de ruta:	6.48 Hrs
Tonelaje total de ruta:	13.20 Ton

FACTORES LABORALES

Días laborables:	306 días
Días dobles y festivos:	59 días
Tripulación:	1 operador y 3 intendentes

SIMBOLOGIA

- Traslados
- Recolección en 2 aceras
- Recolección en 1 acera
- Alcance manual
- Inicio de ruta
- Fin de ruta
- Punto de compactación
- Salida a RS
- Ruta de apoyo
- Concentración de basura

Figura 3-7 Datos de rutas suministrados por el Municipio de Querétaro.

Toda la metodología aquí planteada se desarrolla para las siete delegaciones para llegar a una opinión del sistema en general. En el capítulo de resultados y discusión se analiza a detalle sólo la Delegación Zona Centro, pero se plasman los resultados totales. A manera de apéndice se anexan resultados adicionales de las otras seis Delegaciones. El complemento de la información se entregará al municipio en una base de datos para su uso al interior del departamento encargado de estos trabajos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez obtenidos y analizados los datos que entrega el Departamento de Aseo y Alumbrado Público del municipio, acerca del funcionamiento de las rutas, se programó el trabajo de campo, el cuál se desarrolló básicamente en los meses de junio y julio del año 2014, habiéndose desarrollado sólo algunas pruebas a finales del mes de abril. Se logró monitorear las 71 rutas, las cuales se recorrieron al menos 2 veces para comparar datos. Ver Tabla 3.

Con el total de los ruteos obtenidos se elaboró una base de datos que permite elaborar planos y mapas que ayudan a la rápida interpretación de los recorridos.

Se concentra además la información en tablas resumen, se elaboran gráficos de cada uno de los recorridos y se realiza una comparativa entre la información que aportó el municipio con la obtenida durante el monitoreo.

Tabla 4-1 Resumen de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos monitoreadas.

DELEGACION	ZONA	RUTAS MONITOREADAS
Centro Histórico	I	12
Epigmenio González Flores	II	12
Josefa Vergara y Hernández		10
Villa Cayetano Rubio		3
Felipe Carrillo Puerto	III	11
Félix Osores Sotomayor		16
Santa Rosa Jáuregui		7
TOTAL		71

Se busca establecer una comparativa en costo de los recorridos planeados con los realmente realizados. Los siguientes gráficos muestran en

cada una de las Delegaciones la comparativa tanto en costo planeado como el real así como el kilometraje planeado con el real.

Ante la falta de datos detallados que pudiera tener el municipio de Querétaro, en cuanto a los costos asignados a este rubro, y en particular a las partidas de operación y consumos de los vehículos que se emplean para el desarrollo de estos trabajos, se hace necesario tomar otro criterio para asignar costos de operación y estar en condiciones de establecer la comparativa buscada entre costos esperados y costos reales. Para este ejercicio se toma como base la publicación 407 del Instituto Mexicano del Transporte "Costos De Operación Base De Los Vehículos Representativos Del Transporte Interurbano 2014" de la que se toma para el análisis y por similitud, siendo un tanto conservador, el costo de operación de camión de dos ejes en un terreno de plano y un IIR de 4 (Índice Internacional de Rugosidad), cuyo costo es de $ 8.31 al año 2014. Ver tabla 4.

Tabla 2-2 Costos de operación de un camión C2.

COSTOS DE OPERACIÓN-CAMIÓN DE DOS EJES
Valores calculados, en pesos por veh-km (2014)

IIR	Caso base	Plano	Lomerío	Montañoso
2	6.71	7.48	9.39	11.68
4	7.50	8.31	10.27	12.59
6	8.22	9.08	11.13	13.49
8	8.99	9.87	11.98	14.40
10	9.89	10.74	12.87	15.32
12	10.89	11.71	13.81	16.27

Columnas: diferentes tipos de terreno
Renglones: Índice Internacional de Rugosidad en m/km.

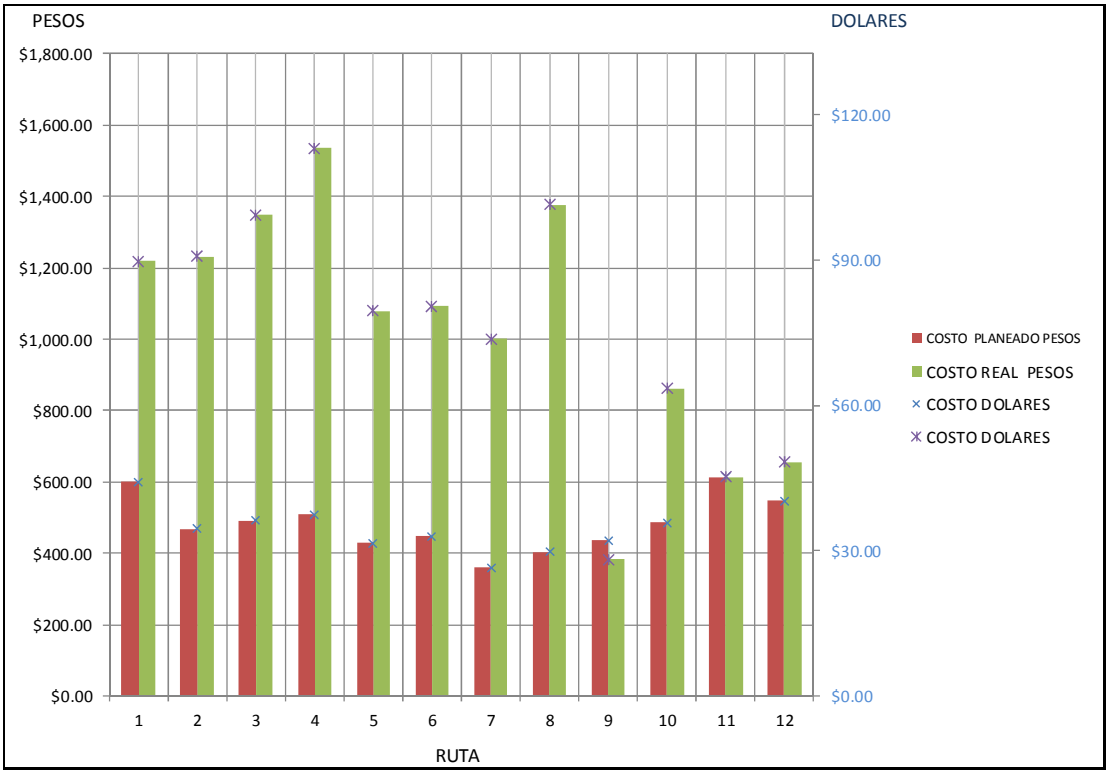
Fuente: Arroyo J. A. *et al* (2014).

Para cada una de las 7 delegaciones se realizó un concentrado que indica el número de ruta, los kilometrajes y costos planeados y los kilometrajes y costos a partir de los recorridos reales. Para cada uno de los casos se plasma en gráficos de barras para facilitar su interpretación.

Como ejemplo de lo anterior en tabla 5 y figura 9, se anexa tabla de concentrado y gráfico de barras de la delegación zona centro:

Tabla 4-3 Comparativa de recorridos y costos Delegación Zona Centro.

DATOS ZONA CENTRO						
	PLANEACIÓN			REAL		
RUTA	KILOMETRAJE PLANEADO	COSTO PLANEADO PESOS	COSTO DOLARES	KILOMETRAJE REAL RECORRIDO	COSTO REAL PESOS	COSTO DOLARES
1	72.20	$ 599.98	$44.18	146.60	$ 1,218.25	$89.71
2	56.40	$ 468.68	$34.51	148.30	$ 1,232.37	$90.75
3	59.10	$ 491.12	$36.17	162.30	$ 1,348.71	$99.32
4	61.32	$ 509.57	$37.52	184.70	$ 1,534.86	$113.02
5	51.61	$ 428.88	$31.58	129.80	$ 1,078.64	$79.43
6	53.96	$ 448.41	$33.02	131.50	$ 1,092.77	$80.47
7	43.36	$ 360.32	$26.53	120.40	$ 1,000.52	$73.68
8	48.70	$ 404.70	$29.80	165.60	$ 1,376.14	$101.34
9	52.43	$ 435.69	$32.08	46.10	$ 383.09	$28.21
10	58.54	$ 486.47	$35.82	103.59	$ 860.83	$63.39
11	73.80	$ 613.28	$45.16	73.80	$ 613.28	$45.16
12	65.85	$ 547.21	$40.30	79.00	$ 656.49	$48.34
TOTAL	**697.27**	**$ 5,794.3**	**$ 426.68**	**1,491.69**	**$ 12,395.94**	**$ 912.81**



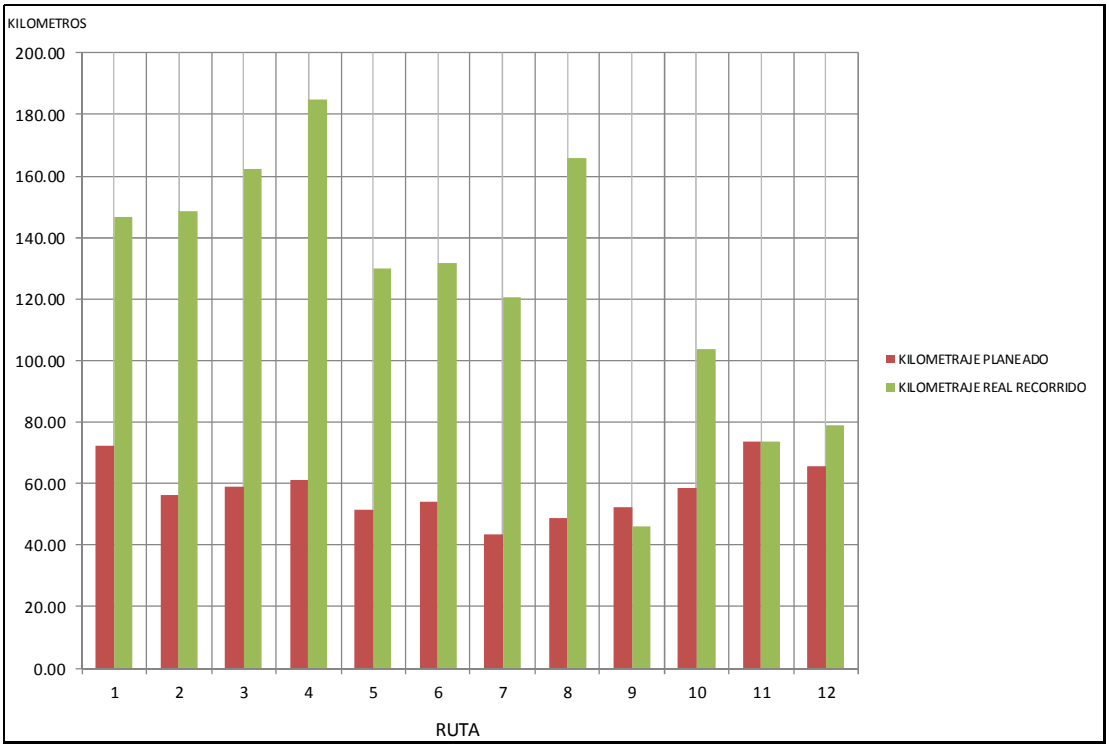


Figura 4-1 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Zona Centro.

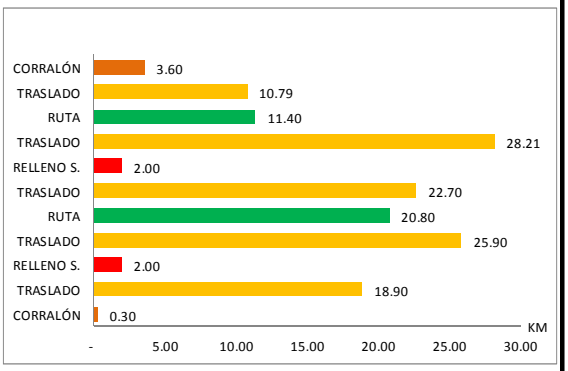
4.1 Análisis de Ruta

Para cada una de las 71 rutas anteriormente indicadas y para un mejor entendimiento de los recorridos y necesidades de cada ruta en particular, se efectuó un análisis individual que permita saber tiempos y distancias efectivas en ruta, durante traslados y en maniobras en instalaciones. A manera de ejemplo se anexa en figura 10, el siguiente análisis:

Análisis DE RUTA 1, CENTRO HISTÓRICO.

Recorridos 9 y 10 Junio 2014

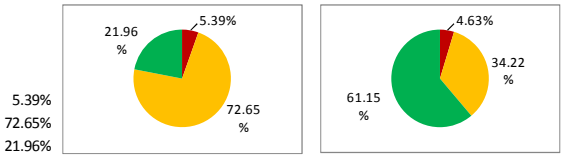
LUGAR	HORA INICIAL	HORA FINAL	DURACIÓN H:M:S	RECORRIDO (KM)
CORRALÓN	09:45:58 p.m.	09:48:40 p.m.	00:02:42	3.60
TRASLADO	09:48:40 p.m.	10:16:00 p.m.	00:27:20	10.79
RUTA	10:16:00 p.m.	12:07:00 a.m.	01:46:29	11.40
TRASLADO	12:07:00 a.m.	12:36:42 a.m.	00:29:42	28.21
RELLENO S.	12:36:42 a.m.	12:38:19 a.m.	00:01:37	2.00
TRASLADO	12:38:19 a.m.	01:08:05 a.m.	00:29:46	22.70
RUTA	01:08:05 a.m.	03:40:35 a.m.	02:32:30	20.80
TRASLADO	03:40:35 a.m.	04:12:02 a.m.	00:31:27	25.90
RELLENO S.	04:12:02 a.m.	04:13:52 a.m.	00:01:50	2.00
TRASLADO	04:13:52 a.m.	04:40:32 a.m.	00:26:40	18.90
CORRALÓN	04:40:32 a.m.	04:54:00 a.m.	00:13:28	0.30
		JORNAL DE TRABAJO	07:03:31	146.60



DATOS:

Velocidad	(Km/hr)
Velocidad Ruta	6.42
Velocidad Ruta	8.18
Vel. Promedio	7.30

		T (H:M:S)	D (KM)
Traslados internos	4.63%	00:19:37	7.90
Traslados externos	34.22%	02:24:55	106.50
Traslados en ruta	61.15%	04:18:59	32.20



Descargas en relleno sanitario.

Figura 4-2 Análisis individual de ruta.

El tener como herramientas las tablas de concentrados, la ayuda de gráficos y los análisis de cada ruta de manera individual, ha permitido tener un conocimiento certero del funcionamiento actual del sistema. En general, se puede observar que las distancias de las rutas planeadas difieren considerablemente de las distancias reales. En algunas delegaciones de manera significativa. Se aprecia

además que los tiempos de traslados externos son muy considerables, y en prácticamente todos los casos, mucho mayores a los traslados en ruta.

Sí se plantea el problema de que este análisis fue tan sólo el de considerar un recorrido en cada una de las 71 rutas con un sobrecosto ya considerable, al hacer esto sabiendo que el sistema trabaja 363 días al año, el sobrecosto se potencializa. De aquí parte la necesidad de tener datos precisos que permitan evaluar los costos reales y proponer alternativas más eficientes en cuanto a los recursos disponibles para este servicio.

El concentrado de datos de los recorridos y su sobrecosto para un análisis en el total de las 71 rutas analizadas, se resume en la tabla 6.

Tabla 4-4 Sobrecosto por Zonas, entre los recorridos planeados y los realmente recorridos.

DELEGACION	RECORRIDOS PLANEADOS (KM)	RECORRIDOS REALES (KM)	SOBRECOSTO (PESOS MX)
Centro Histórico	697.27	1,491.69	$6,601.63
Epigmenio González Flores	583.11	1,390.20	$9,684.72
Josefa Vergara y Hernández	737.72	1,022.70	
Villa Cayetano Rubio	100.34	173.70	
Felipe Carrillo Puerto	600.07	637.20	$2,963.84
Félix Osores Sotomayor	857.66	1,094.30	
Santa Rosa Jáuregui	563.71	646.60	
TOTAL	4,139.88	6,456.39	$19,250.20

Los datos de la tabla consideran el recorrido una vez a cada una de las 71 rutas anteriormente listadas.

Otro análisis que se consideró de importancia, fue el de no usar la unidad de transferencia en muchas de las rutas actualmente planeadas, es decir el empleo de camiones tipo C2 en maniobras de transporte que debieran de haber sido realizadas en camiones tipo T2S3R4.

Tabla 4-5 Costos de operación de un camión T3-S2-R4.

COSTOS DE OPERACIÓN-CAMIÓN ARTICULADO (T3-S2-R4)
Valores calculados, en pesos por veh-km (2014)

IIR	Caso base	Plano	Lomerío	Montañoso
2	18.02	21.08	28.41	36.51
4	19.52	22.66	30.06	38.21
6	21.01	24.24	31.72	39.93
8	22.66	25.89	33.43	41.69
10	24.52	27.67	35.22	43.52
12	26.52	29.57	37.09	45.42

Fuente: Arroyo J. A. *et al* (2014).

Como ya se había indicado, el costo de un camión C2 para el análisis que nos ocupa es de $ 8.31 y para un camión con caja trasera y sistema de compactación $ 9.71. Y de acuerdo con la tabla 7, para un T3S2R4 es de $ 22.66.

En la tabla 6 se indican los recorridos planeados respecto de los realmente ejecutados, con una diferencia de 2,316.51 Km al haber recorrido 1 vez las 71 rutas establecidas. Se asume que estos kilómetros debieron haberse hecho con un camión T3S2R4 (Figura 12), y no en un tipo C2 (Figura 11).

Al analizar las capacidades de cada uno de estos vehículos tenemos los siguientes datos:

CAPACIDAD			
16.06	m^3	Camión de 21 Y^3	
Costo	$	9.71	calculo anexo

Costo 1 Km $ 0.60 / m^3

Modelo	Capacidad		Longitud Total		Longitud Cuerpo		CG-B Cuerpo		CG-P Cargador		Peso Aprox. Cuerpo	
	yd3	m3	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg..	mm.	pulg.	mm.	kg.	lb.
R114B	14	10.7	196	4978	124	3150	78	1981	58	1473	10200	4626
R116B	16	12.2	209	5309	137	3480	86	2184	64	1626	10360	4698
R118B	18	13.8	222	5639	150	3810	93	2362	71	1803	10590	4808
R120B	20	15.3	234	5944	162	4115	100	2540	78	1981	10830	4911
R125B	25	19.1	270	6858	198	5029	129	3277	99	2515	11420	5179
R130B	30	22.9	302	7671	230	5842	147	3734	113	2870	11930	5410

Figura 4-3 Costo de traslado de RSU en camión tipo C2.

OPEN TOP	CAPACIDAD			
40 PIES 40' X 8' X 8.6'	70.3	m^3		38 Ton Tipo B
	Costo	$	22.66	33.5 Ton Tipo C

Costo 1 Km $ 0.32 / m^3

Especificaciones Técnicas

Modelo	Capacidad		Largo exterior		Ancho exterior		Altura exterior	Abertura	
	yd3	m3	pulg.	mm.	pulg.	mm.	mts.	mts.	pulg.
Tráiler	92	70.3	480	12.19	94	2.39	2.60	2.18 X 13.50	86 X 351

Figura 4-4 Costo de traslado de RSU en tracto camión T3-S2-R4.

Al comparar el costo de un camión C2 y un Tracto camión T3S2R4 tenemos lo siguiente:

Costo 1 Km	$	0.60	/ m^3	Camión C2
Costo 1 Km	$	0.32	/ m^3	Tractocamión T3-S2-R4
Sobrecosto por kilómetro	$	0.28	/ m^3	

Factor de equivalencia	T3S2R4	70.3 m3	4.38
en capacidad de carga	C2	16.06 m3	

Al hacer el análisis del total de kilómetros excedentes y aplicando el factor de equivalencia, resulta lo siguiente:

2,316.51	Km de Camión C2	$	22,493.31	
	Equivalen a			
529.21	Km de T3-S2-R4	$	11,991.80	
	Sobrecosto por día	$	10,501.51	
	Sobrecosto 365 días.	$	3,812,049.65	
			3.18	Unidades nuevas

La comparativa del costo anualizado equivale a adquirir 3.18 unidades nuevas.

Se anexa el cálculo del costo por kilómetro del camión C2 equipado con caja y compactador carga trasera. Para dicho cálculo se tiene de apoyo los programas VOC y HDM-4, basándonos en la Publicación Técnica No. 407, Instituto Mexicano del Transporte (Tablas 8 y 9).

Tabla 4-6 Costos de operación de un camión T3-S2-R4.

FACTORES DEL COSTO BASE-CAMIÓN DE DOS EJES
(adimensional)

IIR	Caso base	Plano	Lomerío	Montañoso
2	1.00	1.11	1.40	1.74
4	1.12	1.24	1.53	1.88
6	1.23	1.35	1.66	2.01
8	1.34	1.47	1.79	2.15
10	1.47	1.60	1.92	2.28
12	1.62	1.75	2.06	2.42

Fuente: Arroyo J. A. *et al* (2014).

Camión de dos ejes equipado con caja y compactador carga trasera

Camión pesado dos ejes INTERNATIONAL 4300 con motor NAVISTAR DT 466 Llantas 1100-20.00 normal

Consumos, por cada 1,000 veh-km		
Consumo de combustible	litros	328.45
Uso de lubricantes	litros	3.37
Consumo de llantas	núm llantas nuevas equivalentes	0.16
Tiempo de operador	horas	13.09
Mano de obra de mantenimiento	horas	8.18
Refacciones	% precio vehículo nuevo	0.15
Depreciación	% precio vehículo nuevo	0.06
Intereses (tasa 2.56%)	% precio vehículo nuevo	0.01

Costos unitarios en pesos, precios 2014		
Precio de vehículo nuevo		$ 1,034,482.76
Costo de combustible	/litro	$ 10.97
Costo de lubricantes	/litro	$ 25.87
Costo de llanta nueva	/llanta	$ 2,531.76
Tiempo de operador	/hora	$ 46.52
Mano de obra de mantenimiento	/hora	$ 37.66
Tasa de interés anual	%	$ 2.56
Costos indirectos por veh-km		$ 0.61

Costo de operación base (pesos, por veh-km)	$ 7.83

Consumo de combustible	$ 3,603.13
Uso de lubricantes	$ 87.23
Consumo de llantas	$ 404.13
Tiempo de operador	$ 609.09
Mano de obra de mantenimiento	$ 307.97
Refacciones	$ 1,513.48
Depreciación	$ 632.50
Interés	$ 64.77
Costos indirectos	$ 610.00
	$ 7.83
Combinado en terreno plano y un IIR 4	1.24
	$ 9.71

Programas: VOC como en el HDM-4.

Tabla 4-7 Cálculo de costo de operación Camión C2 con caja y compactador.

4.2 Resultados de la aplicación de la metodología de SEDESOL

Para realizar el análisis de la metodología se elaboró una hoja de cálculo en la que se hace la comparativa entre los datos con los que cuenta el municipio y se compara con parámetros obtenidos con los dispositivos GPS. Ver tablas 10, 11,12 y 13.

Tabla 4-8 Concentrado y comparativa de datos de la Delegación Zona Centro: Rutas 1 a 3.

	DELEGACION	CENTRO HISTORICO						
	ZONA	I						
	RUTA		1	1 GPS	2	2 GPS	3	3 GPS
	TURNO		TERCERO		TERCERO		TERCERO	
	Superficie:	Km2	2.15		1.46		1.43	
P	Población:	Hab.	24,892		21,640		25,881	
d'	Densidad de Población:	Hab/Km2	11,599		14,731		18,048	
G	Factor de Generación:	Kg/Hab/Día	0.65		0.8		0.65	
	Fg. Por kilómetro:	Ton/Km	0.8		0.55		0.8	
	Longitud de recolección (camión):	Kms	29.2		23.1		28.6	
	Longitud de alcance manual:	Kms	0		0		0	
	Longitud de recolección (apoyos):	Kms	0		0		0	
Lt rec	Longitud total de recolección:	Kms	29.2	32.20	23.1	27.50	28.6	28.60
	Longitud de traslados internos:	Kms	7.2	7.90	3.7	5.20	3.1	4.80
	Longitud de traslados externos:	Kms	35.8	106.50	29.6	115.60	27.4	128.90
	No. De compactaciones:	compactaciones	120		120		120	
T	Tiempo de recolección:	Hrs	2.61	4.32	2.32	4.74	2.9	4.15
	Tiempo de compactación:	Hrs	0.78		0.78		0.78	
	Tiempo de traslados internos:	Hrs	0.18	0.33	0.11	0.13	0.1	2.49
	Tiempo de traslados externos:	Hrs	0.9	2.42	0.74	2.35	0.68	3.04
	Tiempo de descarga en UDT:	Hrs	0.5		0.5		0.5	
Lt Rut	Longitud total de ruta:	Kms	72.2	146.60	56.4	148.30	59.1	162.30
	Tiempo total de ruta:	Hrs	4.97	7.06	4.45	7.22	4.96	9.68
	Tonelaje total de ruta:	Ton	16.2		14.1		16.8	
	Unidad:	Compactador 19 yd3, carga trasera	SI		SI		SI	
	Kilometraje mensual:	Kms	1841		1437		1506	
	Kilometraje anual:	Kms	22,092		17,244		18,072	
	Horas de trabajo mensual:	Hrs	179		179		179	
	Horas de trabajo anual:	Hrs	2,148		2,148		2,148	
	Horario de mantenimiento:	Hrs	6:00 a 14:00		6:00 a 14:00		6:00 a 14:00	
	Días laborables:	días	306		306		306	
	Días dobles y festivos:	días	59		59		59	
	Tripulación:	1 operador y 3 intendentes	SI		SI		SI	
P =	Población de la zona que atenderá un vehículo en cada turno.		24,892	24,892	21,640	21,640	25,881	25,881
G =	Producción de residuos sólidos en kg/hab/día.		0.65	0.65	0.8	0.8	0.65	0.65
d =	Densidad de población en hab/km.		1,279	1,160	1,405	1,180	1,357	1,357
a =	Proporción de distancia productiva en relación a la distancia total. Lt rec / Lt rut		0.65	0.62	0.67	0.59	0.72	0.62
T =	Tiempo disponible para la recolección en minutos.		203.4	258.98	186	284.30	220.8	249.05
r =	velocidad de avance del vehículo durante la recolección, en km/hr.		7.3	7.3	5.72	5.72	6.69	6.69
P /d			19.47	21.47	15.40	18.33	19.07	19.07
(a * T * r) /60			16.14	19.41	11.92	15.86	17.62	17.23
P /d > (a * T * r) /60	El tiempo disponible no alcanza para cumplir la tarea y es preciso hacer ajustes		falta tiempo	falta tiempo	falta tiempo	falta tiempo	falta tiempo	falta tiempo
P /d < (a * T * r) /60	Sobra tiempo disponible		requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta
			17.07%	9.58%	22.63%	13.47%	7.58%	9.64%
P /d = (a * T * r) /60	Condición ideal		El diseño de rutas consiste principalmente en aumentar los valores de "a", es decir, que las distancias productivas sean máximas y que las longitudes muertas se reduzcan tanto como sea posible.					

Tabla 4-9 Concentrado y comparativa de datos de la Delegación Zona Centro: Rutas 4 a 6.

	DELEGACION	CENTRO HISTORICO						
	ZONA	I						
	RUTA		4	4 GPS	5	5 GPS	6	6 GPS
	TURNO		TERCERO		TERCERO		TERCERO	
	Superficie:	Km2	2.64		1.27		1.91	
P	Población:	Hab.	29,875		18,500		18,375	
d'	Densidad de Población:	Hab/Km2	7,528		14,567		9,620	
G	Factor de Generación:	Kg/Hab/Día	0.8		0.8		0.8	
	Fg. Por kilómetro:	Ton/Km	0.58		0.66		0.74	
	Longitud de recolección (camión):	Kms	27.2		22.3		19.9	
	Longitud de alcance manual:	Kms	1.1		0		0.2	
	Longitud de recolección (apoyos):	Kms	2.3		0		1.9	
Lt rec	Longitud total de recolección:	Kms	30.6	30.60	22.3	29.10	22	25.20
	Longitud de traslados internos:	Kms	5	6.80	8.4	4.70	7.1	5.00
	Longitud de traslados externos:	Kms	25.72	147.30	20.91	96.00	24.86	101.30
	No. De compactaciones:	compactaciones	120		120		120	
T	Tiempo de recolección:	Hrs	2.72	4.02	2.23	4.44	1.99	4.55
	Tiempo de compactación:	Hrs	2		2		2	
	Tiempo de traslados internos:	Hrs	0.25	1.16	0.42	0.25	0.36	0.53
	Tiempo de traslados externos:	Hrs	0.64	2.79	0.52	2.14	0.62	2.25
	Tiempo de descarga en UDT:	Hrs	0.5		0.5		0.5	
Lt Rut	Longitud total de ruta:	Kms	61.32	184.70	51.61	129.80	53.96	131.50
	Tiempo total de ruta:	Hrs	6.11	7.97	5.67	6.83	5.47	7.34
	Tonelaje total de ruta:	Ton	15.9		14.8		14.7	
	Unidad:	Compactador 19 yd3, carga trasera	SI		SI		SI	
	Kilometraje mensual:	Kms	1390		1238		1244	
	Kilometraje anual:	Kms	16,680		14,856		14,928	
	Horas de trabajo mensual:	Hrs	146		136		131	
	Horas de trabajo anual:	Hrs	1,752		1,632		1,572	
	Horario de mantenimiento:	Hrs	6:00 a 14:00		6:00 a 14:00		6:00 a 14:00	
	Días laborables:	días	306		306		306	
	Días dobles y festivos:	días	59		59		59	
	Tripulación:	1 operador y 3 intendentes	SI		SI		SI	
P =	Población de la zona que atenderá un vehículo en cada turno.		29,875	29,875	18,500	18,500	18,375	18,375
G =	Producción de residuos sólidos en kg/hab/día.		0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
d =	Densidad de población en hab/km.		1,464	1,464	1,244	954	1,253	1,094
a =	Proporción de distancia productiva en relación a la distancia total. Lt rec / Lt rut		0.71	0.61	0.63	0.63	0.64	0.67
T =	Tiempo disponible para la recolección en minutos.		283.2	241.10	253.8	266.42	239.4	273.20
r =	velocidad de avance del vehículo durante la recolección, en km/hr.		7.58	7.58	6.56	6.56	5.53	5.53
P /d			20.40	20.40	14.87	19.40	14.67	16.80
(a * T * r) /60			25.36	18.49	17.61	18.36	14.08	16.95
P /d > (a * T * r) /60	El tiempo disponible no alcanza para cumplir la tarea y es preciso hacer ajustes		sobra tiempo	falta tiempo	sobra tiempo	falta tiempo	falta tiempo	sobra tiempo
P /d < (a * T * r) /60	Sobra tiempo disponible		distancia fuera de ruta	requiere más tiempo en ruta	distancia fuera de ruta	requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta	distancia fuera de ruta
			-24.30%	9.38%	-18.46%	5.38%	4.01%	-0.87%
P /d = (a * T * r) /60	Condición ideal		El diseño de rutas consiste principalmente en aumentar los valores de "a", es decir, que las distancias productivas sean máximas y que las longitudes muertas se reduzcan tanto como sea posible.					

Tabla 4-10 Concentrado y comparativa de datos de la Delegación Zona Centro: Rutas 7 a 9.

	DELEGACION	CENTRO HISTORICO						
	ZONA	I						
	RUTA		7	7 GPS	8	8 GPS	9	9 GPS
	TURNO		TERCERO		TERCERO		TERCERO	
	Superficie:	Km2	2.21		2.12		2.21	
P	Población:	Hab.	22,824		20,878		17,000	
d'	Densidad de Población:	Hab/Km2	10,276		9,439		7,692	
G	Factor de Generación:	Kg/Hab/Día	0.8		0.8		0.8	
	Fg. Por kilómetro:	Ton/Km	0.8		0.55		0.54	
	Longitud de recolección (camión):	Kms	20.2		25.4		25.4	
	Longitud de alcance manual:	Kms	0.6		0.3		0.3	
	Longitud de recolección (apoyos):	Kms	0.16		1.3		1.3	
Lt rec	Longitud total de recolección:	Kms	20.96	20.50	27	23.20	27	28.60
	Longitud de traslados internos:	Kms	4.1	4.70	7.8	6.70	7.8	4.80
	Longitud de traslados externos:	Kms	18.3	95.20	13.9	135.70	17.63	128.90
	No. De compactaciones:	compactaciones	70		70		120	
T	Tiempo de recolección:	Hrs	2.02	4.00	2.54	3.76	2.54	4.15
	Tiempo de compactación:	Hrs	0.78		0.78		2	
	Tiempo de traslados internos:	Hrs	0.12	0.39	0.43	0.33	0.39	2.49
	Tiempo de traslados externos:	Hrs	0.46	2.43	0.35	2.89	0.44	3.04
	Tiempo de descarga en UDT:	Hrs	0.5		0.5		0.5	
Lt Rut	Longitud total de ruta:	Kms	43.36	120.40	48.7	165.60	52.43	162.30
	Tiempo total de ruta:	Hrs	3.88	6.82	4.6	6.98	5.87	9.68
	Tonelaje total de ruta:	Ton	14.8		13.6		13.6	
	Unidad:	Compactador 19 yd3, carga trasera	SI		SI		SI	
	Kilometraje mensual:	Kms	1086		1203		1220	
	Kilometraje anual:	Kms	13,032		14,436		14,640	
	Horas de trabajo mensual:	Hrs	179		179		140	
	Horas de trabajo anual:	Hrs	2,148		2,148		1,680	
	Horario de mantenimiento:	Hrs	6:00 a 14:00		6:00 a 14:00		6:00 a 14:00	
	Días laborables:	días	306		306		306	
	Días dobles y festivos:	días	59		59		59	
	Tripulación:	1 operador y 3 intendentes	SI		SI		SI	
P =	Población de la zona que atenderá un vehículo en cada turno.		22,824	22,824	20,878	20,878	17,000	17,000
G =	Producción de residuos sólidos en kg/hab/día.		0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
d =	Densidad de población en hab/km.		1,633	1,670	1,160	1,350	944	955
a =	Proporción de distancia productiva en relación a la distancia total. Lt rec / Lt rut		0.69	0.63	0.70	0.63	0.68	0.70
T =	Tiempo disponible para la recolección en minutos.		168	240.17	199.2	225.38	272.4	272.35
r =	velocidad de avance del vehículo durante la recolección, en km/hr.		5.1	5.1	6.07	6.07	5.24	5.24
P /d			13.97	13.67	18.00	15.47	18.00	17.80
(a * T * r) /60			9.92	12.80	14.05	14.25	16.25	16.67
P /d > (a * T * r) /60	El tiempo disponible no alcanza para cumplir la tarea y es preciso hacer ajustes		falta tiempo	falta tiempo	falta tiempo	falta tiempo	falta tiempo	falta tiempo
P /d < (a * T * r) /60	Sobra tiempo disponible		requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta
			29.03%	6.33%	21.95%	7.86%	9.72%	6.38%
P /d = (a * T * r) /60	Condición ideal		El diseño de rutas consiste principalmente en aumentar los valores de "a", es decir, que las distancias productivas sean máximas y que las longitudes muertas se reduzcan tanto como sea posible.					

Tabla 4-11 Concentrado y comparativa de datos de la Delegación Zona Centro: Rutas 10 a 12.

	DELEGACION	CENTRO HISTORICO						
	ZONA	I						
	RUTA		10	10 GPS	AE 11	AE 11 gps	12	12 GPS
	TURNO		TERCERO		TERCERO		TERCERO	
	Superficie:	Km2	1.94				1.94	
P	Población:	Hab.	16,750				16,750	
d'	Densidad de Población:	Hab/Km2	8,634				8,634	
G	Factor de Generación:	Kg/Hab/Día	0.8				0.8	
	Fg. Por kilómetro:	Ton/Km	0.45				0.45	
	Longitud de recolección (camión):	Kms	29.6				29.6	
	Longitud de alcance manual:	Kms	1.4				1.4	
	Longitud de recolección (apoyos):	Kms	0.2				0.2	
Lt rec	Longitud total de recolección:	Kms	31.2	34.50		40.80	31.2	27.30
	Longitud de traslados internos:	Kms	7.9	1.30		1.30	7.9	1.30
	Longitud de traslados externos:	Kms	19.44	67.79		31.70	26.75	50.40
	No. De compactaciones:	compactaciones	120				120	
T	Tiempo de recolección:	Hrs	2.96	5.04		4.24	2.96	5.26
	Tiempo de compactación:	Hrs	2				2	
	Tiempo de traslados internos:	Hrs	0.4	0.86		0.38	0.4	0.27
	Tiempo de traslados externos:	Hrs	0.49	1.81		1.32	0.67	2.08
	Tiempo de descarga en UDT:	Hrs	0.5				0.5	
Lt Rut	Longitud total de ruta:	Kms	58.54	103.59		73.80	65.85	79.00
	Tiempo total de ruta:	Hrs	6.35	7.71		5.95	6.53	7.62
	Tonelaje total de ruta:	Ton	13.4				13.4	
	Unidad:	Compactador 19 yd3, carga trasera	SI		SI		SI	
	Kilometraje mensual:	Kms	1366		1244		1340	
	Kilometraje anual:	Kms	16,392		14,928		16,080	
	Horas de trabajo mensual:	Hrs	152		131		179	
	Horas de trabajo anual:	Hrs	1,824		1,572		2,148	
	Horario de mantenimiento:	Hrs	6:00 a 14:00		6:00 a 14:00		6:00 a 14:00	
	Días laborables:	días	306		306		306	
	Días dobles y festivos:	días	59		59		59	
	Tripulación:	1 operador y 3 intendentes	SI		SI		SI	
P =	Población de la zona que atenderá un vehículo en cada turno.		16,750	16,750	21,662	21,662	16,750	16,750
G =	Producción de residuos sólidos en kg/hab/día.		0.8	0.8	0.77	0.77	0.8	0.8
d =	Densidad de población en hab/km.		805	728	1,223	1,223	805	920
a =	Proporción de distancia productiva en relación a la distancia total. Lt rec / Lt rut		0.70	0.64	0.68	0.68	0.68	0.67
T =	Tiempo disponible para la recolección en minutos.		297.6	302.47	254.65	254.65	297.6	315.82
r =	velocidad de avance del vehículo durante la recolección, en km/hr.		6.84	6.84	9.77	9.77	5.13	5.13
P /d			20.80	23.00	17.71	17.71	20.80	18.20
(a * T * r) /60			23.71	22.17	28.20	28.26	17.22	18.01
P /d > (a * T * r) /60	El tiempo disponible no alcanza para cumplir la tarea y es preciso hacer ajustes		sobra tiempo	falta tiempo	sobra tiempo	sobra tiempo	falta tiempo	falta tiempo
P /d < (a * T * r) /60	Sobra tiempo disponible		distancia fuera de ruta	requiere más tiempo en ruta	distancia fuera de ruta	distancia fuera de ruta	requiere más tiempo en ruta	requiere más tiempo en ruta
			-14.01%	3.61%	-59.19%	-59.55%	17.19%	1.03%
P /d = (a * T * r) /60	Condición ideal		El diseño de rutas consiste principalmente en aumentar los valores de "a", es decir, que las distancias productivas sean máximas y que las longitudes muertas se reduzcan tanto como sea posible.					

El análisis con datos del municipio (figura 13), nos indica que en 8 de las rutas sobra tiempo, por lo que pudiera optimizarse y asignarse más distancia. Se observa también que en 3 de las rutas falta tiempo, por lo que es preciso hacer ajustes para cubrir el total de la ruta.

En una de las 12 rutas de esta delegación, no se contaba con información de la densidad de población, por lo que no se analiza dicha ruta.

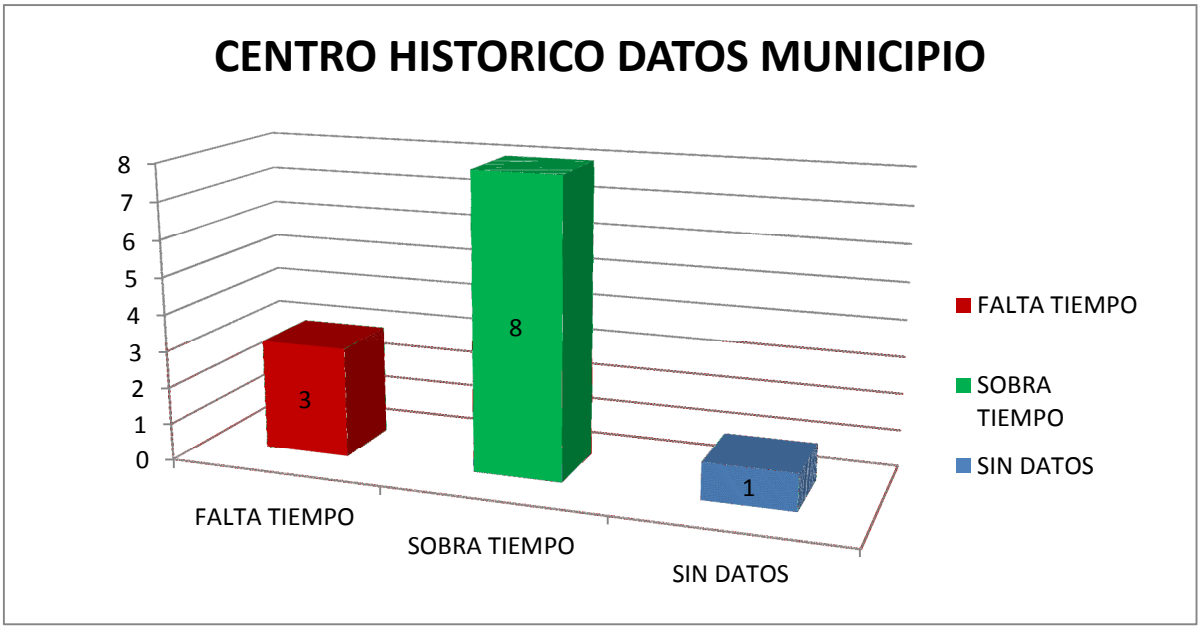


Figura 4-5 Aplicación de la metodología SEDESOL para el diseño de rutas.

Para dar una tolerancia a la metodología se establece un rango con variaciones de 10 % hacia abajo y hacia arriba con la finalidad de ubicar las rutas más críticas. En la figura 14 se muestra la dispersión de las rutas los datos entregados por el municipio.

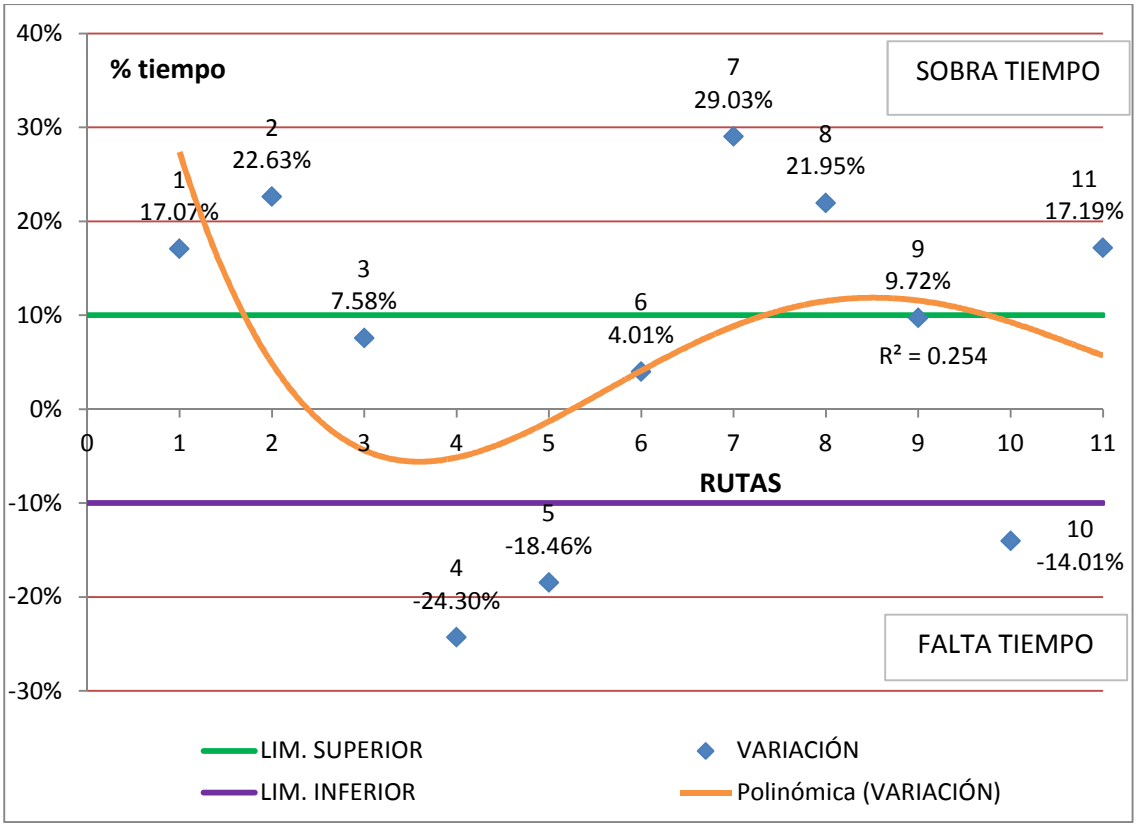


Figura 4-6 Dispersión de rutas de la Delegación Zona Centro.

Para este caso las rutas 4, 5 y 10 requieren atención inmediata, ya que no están cerca de cubrir la ruta asignada; mientras que las rutas 1, 2, 7, 8 y 11 tienen tiempo de sobra. Con ello bien pudiera hacerse algunos ajustes y cubrir el déficit de las 3 rutas que se indican con necesidades inmediatas.

Se efectuó una curva de ajuste en la figura 14 con una función polinómica, sin embargo el ajuste R^2 es relativamente bajo. Los datos están muy dispersos y por ende la bondad del ajuste no es muy buena

Ahora se hace una comparativa con las mismas rutas, pero con datos obtenidos a partir de los recorridos con los dispositivos GPS, dicha información se encuentra concentrada en las tablas 10, 11, 12 y 13.

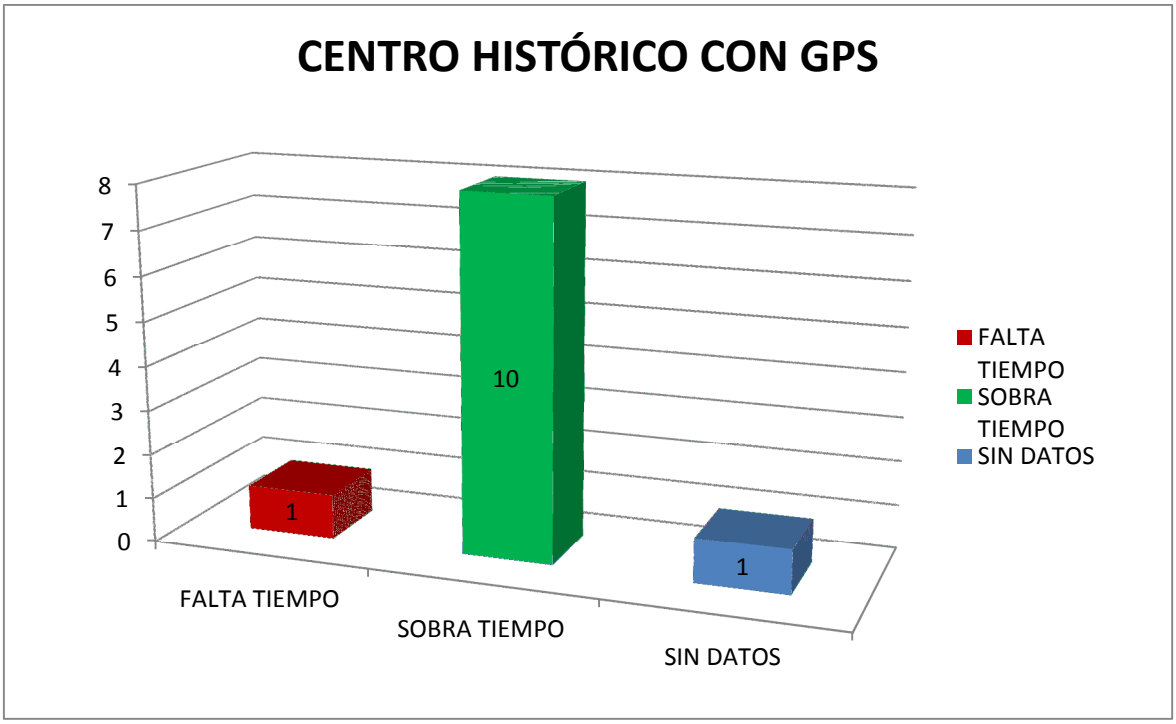


Figura 4-7 Aplicación de la metodología SEDESOL para el diseño de rutas (variación con GPS).

El análisis de los datos de la figura 15, nos indica que en 10 de las rutas sobra tiempo, por lo que pudiera optimizarse y asignarse más distancia. Se observa también que en sólo 1 de las rutas falta tiempo, por lo que es preciso hacer ajustes para cubrir el total de la ruta.

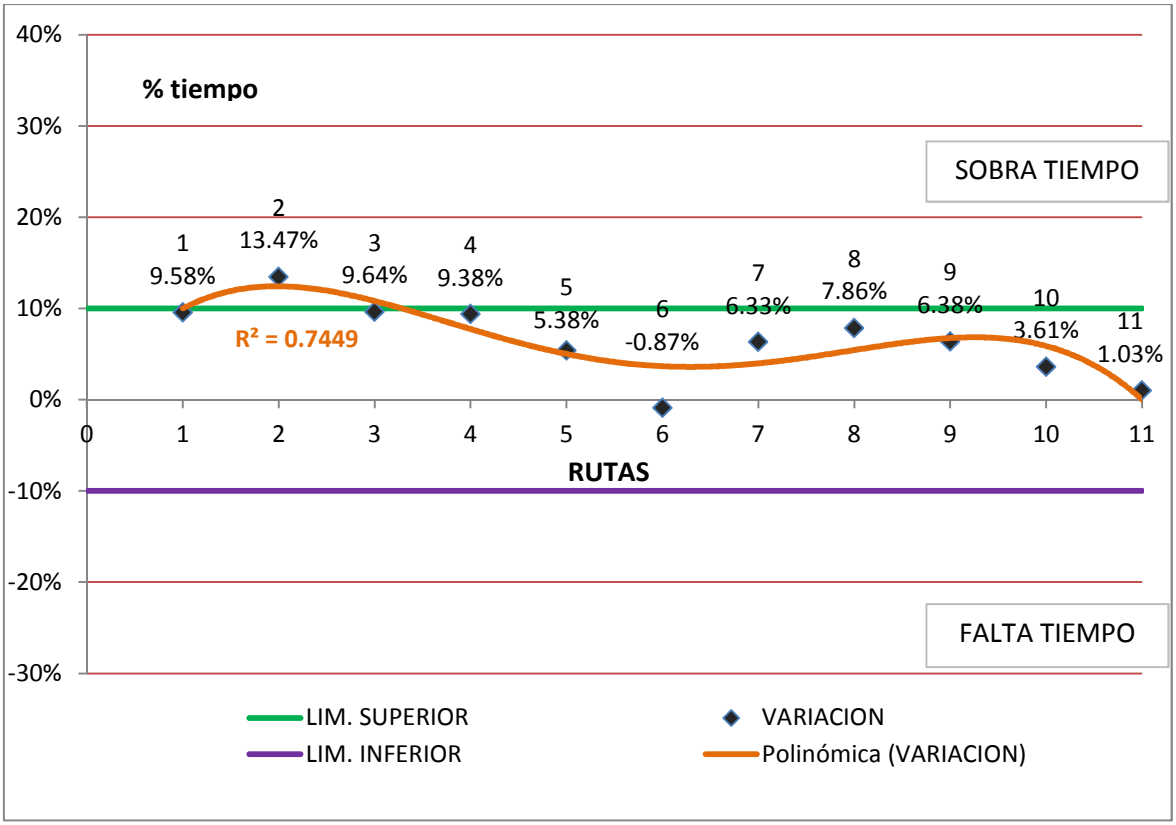


Figura 4-8 Dispersión de rutas de la Delegación Zona Centro con empleo de GPS.

Para este caso y con los rangos establecidos como aceptables, sólo la ruta 2 se encuentra fuera de los parámetros establecidos. Sin embargo podemos notar que aún es factible acercarnos al valor con variación de 0 %, lo que hará más óptimo el sistema, de acuerdo con la metodología descrita.

Se efectuó una curva de ajuste en la figura 16 con una función polinómica, en este caso el ajuste R^2 es mucho mejor que en el caso anterior. Conforme nuestras rutas se acerquen al nivel cero, la bondad del ajuste será mejor, acercándose a valores cercanos al 1, donde nos encontraríamos en la condición ideal.

Como se puede observar hay diferencias muy notables en los dos casos (figuras 13 y 15 y figuras 14 y 16). Por ello la importancia de tener datos reales que por ende arrojen información real sobre el estado en el que opera el sistema.

Pudiera afirmarse que con los datos entregados por el municipio y con la evaluación de la metodología SEDESOL las rutas estaban mal planeadas, sin embargo al evaluarlas con los datos obtenidos con los GPS se demuestra que están dentro de parámetros aceptables. El punto a destacar es que se evalué con datos reales y por ende los resultados lo serán o se estará más cerca de detectar las anomalías graves y poder corregirlas, gracias a los dispositivos GPS y a la interpretación de la información recopilada esto puede ser posible.

5. CONCLUSIONES

En este punto es donde cuestionamos la hipótesis “La instrumentación de los camiones recolectores de basura con dispositivos GPS permite detectar desviaciones operativas, cuya corrección podría reducir los costos de operación en el Servicio de Recolección de Residuos Sólidos del Municipio de Querétaro.”, de lo cual podemos afirmar que se cumple, ya que con la metodología expuesta y el análisis de los datos obtenidos con sus correspondientes resultados, nos indica que es factible detectar desviaciones de las camiones recolectores dentro de la ruta y evaluar un posible ajuste en aquellos con tiempo de sobra con la premisa de optimizar los recursos con los que cuenta actualmente el sistema y mejorar hasta llegar a un nivel óptimo o bien de reforzar aquellos donde el tiempo no alcanza. En nuestro estudio con los datos obtenidos a través de los dispositivos GPS logramos detectar variaciones sustanciales en las distancias recorridas y el incremento en los jornales de trabajo, así como la necesidad de que opere de manera eficiente la

unidad de transferencia, con lo cual se reducen los recorridos de las unidades recolectoras.

Por otro lado, se puede decir que el objetivo principal de instrumentar la flota de camiones del servicio de recolección de basura del Municipio de Querétaro, para monitorear los parámetros de servicio y proponer mejoras operacionales y de diseño del sistema se logró. Se recorrió el total de las rutas planeadas y se plasmó gráficamente y en tablas la información de los parámetros más importantes para el diseño de rutas, tales como distancias recorridas, tiempos empleados, velocidades de operación y costos de operación. Se elaboró un análisis individual cada ruta, de donde deriva la necesidad de optimizar los recorridos efectivos, es decir más recorridos dentro de ruta y menores distancias de traslados. Para el análisis de los recorridos en las 71 rutas hay una diferencia muy marcada entre los 4,139.88 Km planeados respecto a los 6,456.39 Km realizados, lo que implica un 55.96 % adicional a los recorridos planeados. El sobrecosto es muy alto al considerar que el servicio de recolección se requiere día con día, por lo que los ahorros que se logren con la aplicación de este tipo de metodologías redituarán ampliamente en el funcionamiento global del sistema, ello al tener más recursos que bien pueden servir para tener una gama más amplia de camiones de diferentes capacidades de carga, generar más capacidad en unidades de transferencia, bandas de reciclaje y en profesionalizar cada vez más el servicio de recolección de RSU .

Dentro del contexto de las conclusiones, podemos citar las siguientes:

Se desarrolló un proyecto de investigación para vincular a la academia con el sector público, a efecto de monitorear las rutas de recolección de basura por medio de dispositivos GPS y encontrar mejoras en el sistema, así como para transferir la tecnología al Municipio de Querétaro.

Este tipo de estudios y la metodología empleada, bien puede ser aplicado a otras ciudades adaptando a las condiciones y necesidades locales. Se recalca que puede ser aplicado a otros sistemas de transporte de los municipios o estados y hasta a empresas particulares. Existe diversidad de servicios públicos y privados que requieren el empleo de vehículos automotores de diferentes capacidades y para diferentes usos; el empleo de tecnologías de abordo y de bajo costo puede ser la diferencia entre un sistema eficiente o no.

La aplicación de estos dispositivos GPS puede contribuir a resolver un problema agudo para las ciudades con ritmo de crecimiento acelerado y la aparición de asentamientos irregulares, que hacen necesario evaluar el sistema de manera continua, de tal manera que en todo momento se ofrezca un servicio eficiente y de calidad, cubriendo el total de los asentamientos en los que se requiere el servicio. El sistema GPS empleado ayuda en este sentido al tener datos reales que se pueden plasmar en mapas y comparar con la cobertura realizada al momento con la requerida.

De la información analizada se concluye que es necesario tener un mejor conocimiento de los datos con los que trabaja en un sistema. Se observa que los datos reportados distan en gran medida de los datos reales. Lo anterior conlleva a gastos que en dado momento son excesivos y pueden detonar en que sí no se cuenta con los recursos suficientes se vea afectado la calidad del servicio. En este caso se emplearon dispositivos GPS para la obtención de los datos de campo, que junto con un software sencillo permite la clasificación e interpretación de los datos. El empleo de dicho equipo se considera exitoso, ya que se dieron buenos resultados en los datos recabados y salvo la inversión inicial, el proceso de obtención de datos y su procesamiento son relativamente bajos.

Se puede afirmar que el empleo de GPS fue confiable. Se logró interpretar cada uno de los recorridos realizados. La comparativa entre archivos con diferentes extensiones arrojó el mismo resultado satisfactorio. En este caso, se extrae un archivo fuente en extensión *.las (Past Track) que almacena los datos,

se elabora el reporte de dicho archivo a un formato *.htm (Formato de internet o block de notas) y se exporta a extensión *.kmz (Google Earth). Sí al empleo de este tipo de tecnología se le da el seguimiento y manejo adecuado, es decir se conoce su funcionamiento, alcances y limitaciones, se tiene cuidado en su limpieza, carga periódica, almacenaje y cuidado de agentes externos su confiabilidad será muy alta.

El análisis de cada ruta de manera individual permite aseverar que se reducen significativamente las distancias de recorridos externos y potencializar los recorridos en ruta al emplear de manera racional la unidad de transferencia. En este punto cabe insistir sobre el efecto de la ubicación de las unidades de transferencia de la basura ya recolectada, pues de ello depende el tiempo de los camiones asignado a las labores de recolección y no a las de transporte hacia el relleno sanitario. Se aprovecha la capacidad de tracto camiones con capacidades de carga y volumen mucho más alta que la de los camiones recolectores; representando costos más bajos. Teniendo como herramienta los dispositivos GPS y destinando algunos técnicos que le den seguimiento a este tipo de servicios puede conllevar a una administración municipal, o particular inclusive a tener ahorros sustanciales al contar con datos reales que le permitan planear de mejor manera sus procesos.

Con los planteamientos anteriormente descritos, se puede afirmar que es necesario seguir promoviendo la educación en materia de reciclaje y difundirla por los medios de comunicación y potencialmente en el medio escolar. Esto permite que previo a su trasportación hacia el relleno sanitario se tenga ya un porcentaje alto de materiales reciclables separados.

De igual manera es de vital importancia que el servicio de recolección de residuos sólidos, destacando el factor humano continúe su profesionalización en el tema y tenga una apertura hacia nuevas tecnologías que permitan optimizar el sistema. En cuanto mayor sea la confiabilidad de los datos y se conozca más a fondo el problema, se estará en condiciones de plantear mejores soluciones.

Finalmente, se debe dar la importancia real al servicio de recolección de basura, ya que no sólo presenta problemas estéticos, sino que también genera problemas severos que impactan al ambiente y la salud humana. Un conocimiento pleno del problema y la capacitación adecuada a los encargados del servicio permitirán enfrentar de mejor manera cada uno de los procesos del ciclo de la basura. Sí bien en esta ocasión el enfoque es hacia la recolección y transporte de la misma, existen otros procesos igualmente importantes, como el caso del reciclaje o la de la disposición final.

Es importante remarcar que los dispositivos GPS empleados en esta aportan datos adicionales como elevaciones y rumbo, los cuales no fueron analizados en el presente trabajo. Bien pudieran ser empleados para investigaciones futuras, buscando parámetros tales como consumos de combustible por variaciones en las elevaciones, o buscar rutas más adecuadas en las que se evite dentro de lo posible hacer recorridos con el camión cargado en pendientes ascendentes.

De manera más ambiciosa pudiera plantearse el hecho de generar un sistema de recolección inteligente que de flexibilidad a las rutas en tiempo real. Por ejemplo una interfaz con una central que esté al tanto de los movimientos de cada una de las rutas, generando apoyo cuando alguna de estas sufra una avería o requiera apoyo al haberse llenado de manera anticipada y sin haber completado la ruta, sería el caso de enviar un camión cercano o enviar un camión de menor capacidad para completar la ruta. Posiblemente una aplicación dirigida a un teléfono celular en el que estemos enterados de exactamente donde se encuentra una unidad recolectara y estar en condiciones de sacar la basura sin que esté tiempo innecesario expuesta en la calle.

5.1 Recomendaciones de equipamiento

En reuniones de trabajo entre personal del municipio y de los desarrolladores de este proyecto se ha resaltado la necesidad de contar vehículos con mayor capacidad para la recolección y trasporte de RSU, mayor capacidad en unidades de transferencia y generación de más bandas que permitan la separación de materiales reciclables. Al respecto se argumenta lo siguiente:

- Se tiene previsto a un corto plazo adquirir más camiones con capacidades de 15y^3 (13 m^3) y de 21y^3 (19 m^3). Esto ayudará a que se optimicen algunas rutas, dado que en ocasiones el camión recolector tenía que hacer un recorrido adicional por un tonelaje faltante bajo.

- Se espera dotar de mayor infraestructura al sistema, destacando la creación de una segunda unidad de transferencia. Dicha unidad se ubicará en la comunidad de Santa María Magdalena, a menos de 5 km de la ciudad, esperando que de inicio a sus operaciones en Febrero de 2015. Se estima que en ella descarguen parte de la Zona II (Delegación Josefa Vergara y Hernández) y de la zona III (Felipe Carrillo Puerto). Cabe destacar que con la unidad de transferencia ya existente y la nueva unidad, se tendrá una capacidad de recibir alrededor de 800 toneladas de RSU al día. Con lo anterior se reduce considerablemente los recorridos y por ende los consumos de los camiones recolectores, podrán estar más tiempo en ruta y se logrará una mayor eficiencia de los recursos.

- Dentro del relleno sanitario, se espera generar más bandas transportadoras que permitan la separación de materiales reciclables. Con ello se logrará el aprovechamiento de recursos materiales, que al ubicarse nuevamente en el mercado generan recursos económicos favorables al sistema y por otra parte permiten que no se ocupe más espacio dentro de un relleno sanitario.

6. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar V. Q., Armijo V. C., Taboada G. P. y M. Aguilar X., 2010, Potencial de recuperación de residuos sólidos domésticos dispuestos en un relleno sanitario, Revista de ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, #32. rev.ing. ISSN. 0121-4993. Julio-Diciembre de 2010:16-27.

Arroyo J. A., Aguerrebere R. y Torres G., 2014, Costos de Operación Base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2014, Publicación Técnica No. 407, Instituto Mexicano del Transporte.

Ayo B., Hassan T., Ibrahim B. y Mohammad R., 2010, The Practice and Challenges of Solid Waste Management in Damaturu, Yobe State, Nigeria., Journal of Environmental Management, 87(2008):73–79.

Betanzo Q. E., 2011, Una aproximación metodológica al estudio integrado del transporte urbano de carga: el caso de la Zona Metropolitana de Querétaro en México, [versión electrónica]. Eure: 37 (112):63-87.

Betanzo Q. E., Romero N. J. A y Obregón B. S., 2013, Un referencial para evaluar la gestión pública en transporte urbano de carga, Gestión y Política Pública, Vol. XXII, núm. 2:313-354.

Cárdenas J. A. 2004. Guía de cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera edición: Diciembre.

Carlos A. M., Gallardo I. A. y Colomer M. F., 2011, Comparación de métodos de optimización de rutas en la recolección de residuos sólidos urbanos aplicado a Castellón de la Plana, Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima, 2011:145-150.

Correa E. A., Cogollo F. J. y Salazar L. J., 2011. Solución de problemas de ruteo de vehículos con restricciones de capacidad usando la teoría de grafos, Avances en Sistemas e Informática, Vol. 8, Núm. 3:27-32.

Elizalde M. A. E., Rojas R. J. y Tejeida P. R., 2013. Medición Sistémica del Desempeño en el Transporte de Carga con GPS, Conciencia Tecnológica, Núm. 45:24-30, Enero-Junio.

ESTADO DE QUERÉTARO, 2003, Ley de prevención y gestión integral de residuos del estado de Querétaro, La sombra de Arteaga, 20 de febrero, Núm. 16.

Faccio M., Persona A. y Zanin G., 2010, Waste collection multi objective model with real time traceability data, Waste Management 31(2011):2391–2405.

Flores Ramírez, Alfonso. 2007. “Guía para el cumplimiento de obligaciones contenidas en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Programa Sectorial de Medio Ambiente 2007-2012.

Florisbela D. A. L. y Wehenpohl G., 2001, De Pepenadores y Triadores. El Sector informal y los residuos sólidos municipales en México y Brasil, SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología. Gacetas/341 2001.

GMQ (2014). Sistema de Recolección Domiciliaria de Residuos Sólidos Urbanos Municipales. (Documento interno). Dirección de Aseo y Alumbrado Público, Departamento de Logística y Planeación. Gobierno del Municipio de Querétaro. México.

González Vagas, Guillermo; González Aristizábal, Felipe. 2006. “Metaheurísticas aplicadas al ruteo de vehículos. Un caso de estudio. Parte 1: formulación del problema”. Ingeniería e Investigación. Vol. 26. Núm. 3:149-156.

Goorhuis M., 2014, Developments in Collection of Municipal Solid Waste, Handbook of Recycling, Chapter 26-2014:405-417.

Gutiérrez Avedoy, Víctor Javier; et al. 2006. “Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Instituto Nacional de Ecología. Primera edición octubre.

Guzmán C. M. y Macías M. C.H., 2012, El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México, Coordinación de Desarrollo Regional, Hermosillo, México, Estudios Sociales vol. XX, núm. 39, enero-junio, 2012:235-261.

Hannan M., Arebey M., Begum R. y Basri H., 2011, Radio Frequency Identification (RFID) and communication technologies for solid waste bin and truck monitoring system, Waste Management 31(2011): 2406–2413.

Heiko A., Karrer R., 2005. Theme 1: Waste transport and logistics in urban areas. Theme 2: Experiments and incentives for environment-friendly vehicles, BESTUFS, Best Urban Freight Solution, Best Practice Handbook Year 2005.

Heng L., Zhen C, Liang Y. y Stephen C., 2005, Application of integrated GPS and GIS technology for reducing construction waste and improving construction efficiency, Automation in construction, 14(2005):323–331.

Mora R. J. A., 2004, El problema de la basura en la Ciudad de México, Fundación de Estudios Urbanos y Metropolitanos.

Moya P., Krishnanb N., Ulloab P., Cohenc S., W. Paul y Brandt R., Options for management of municipal solid waste in New York City: A preliminary

comparison of health risks and policy implications, Journal of Environmental Management 87 (2008):73–79.

Pothimamaka J., 2008, A Model of Solid Waste Reduction and Separation, Department of Environmental Science, Suan Dusit Rajabhat University, Bangkok Thailand, EnvironmentAsia, 2 (2008) 43-48.

Rovetta A., Xiumin F., Vicentini F., Minghua Z., Giusti A. y Qichang H., 2009, Early detection and evaluation of waste through sensorized containers for a collection monitoring application, Waste Management 29(2009): 2939-2949.

Ruíz E. A., 2008, El ABC de la administración pública en Veracruz: Programas municipales para la prevención y la gestión integral de residuos sólidos urbanos, Prontuario 18, Colegió de Veracruz.

Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2007. Decreto por el que se reforma el artículo 17 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos". Diario Oficial. 19 Junio.

Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2004. Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial". Diario Oficial. 20 octubre. Primera sección: 1-16.

SEDESOL, 2002, Manual Técnico Sobre Generación Recolección Y Transferencia De Residuos Sólidos Municipales.

Wilson B. G. y Vicent J. K., 2008. Estimating waste transfer station delays using GPS. *Waste Management,* 28 (2008):1742–1750.

Zamorano M., Molero E., Grindlay A., Rodríguez M. L., Hurtado A. y, Calvo F.J. A., 2009, planning scenario for the application of geographical information systems in municipal waste collection: A case of Churriana de la Vega (Granada, Spain), Resources, Conservation and Recycling, Volume 54, Issue 2, December 2009:123-133

7. APÉNDICE 1

7.1 Concentrado de datos por Delegación

En esta sección se anexa información que complementa el estudio anteriormente descrito. Se agregan los concentrados de información de cada delegación en la que se detalla por ruta los datos más relevantes. Tablas 14 a 19 y figuras 17 a 22.

Tabla 7-1 Comparativa de recorridos y costos Delegación Villa Cayetano Rubio.

DATOS DELEGACIÓN VILLA CAYETANO RUBIO						
	PLANEACIÓN			REAL		
RUTA	KILOMETRAJE PLANEADO	COSTO PLANEADO PESOS	COSTO DOLARES	KILOMETRAJE REAL RECORRIDO	COSTO REAL PESOS	COSTO DOLARES
1	52.25	$ 434.20	$31.97	106.50	$ 885.02	$65.17
2	48.09	$ 399.63	$29.43	67.20	$ 558.43	$41.12
SUMAS	**100.34**	**$ 833.83**	**$ 61.40**	**173.70**	**$ 1,443.45**	**$ 106.29**

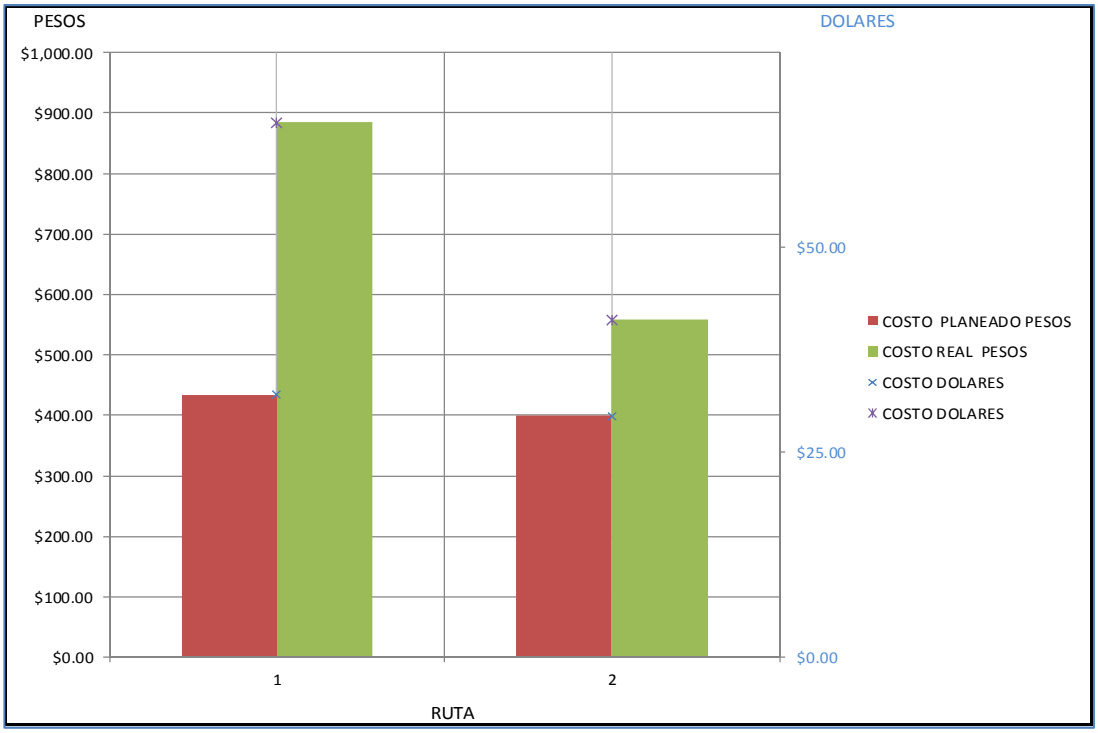


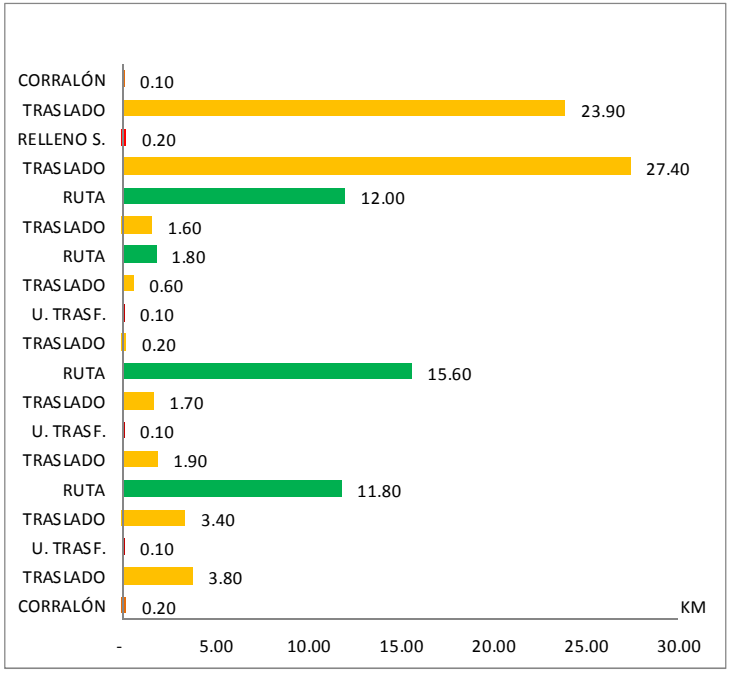
Figura 7-1 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Villa Cayetano Rubio.

Análisis de ruta:

Análisis DE RUTA 1, VILLA CAYETANO RUBIO

Recorridos 16 y 17 JUNIO 2014

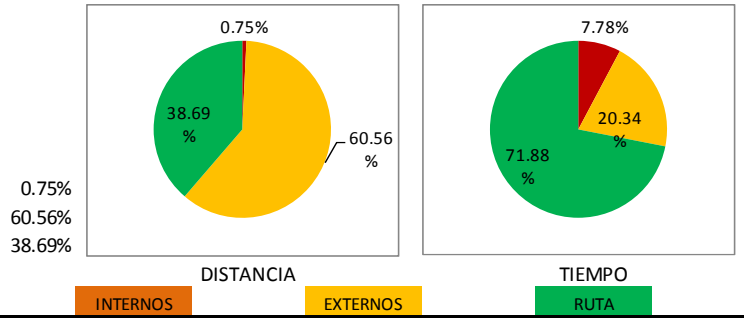
LUGAR	HORA INICIAL	HORA FINAL	DURACIÓN H:M:S	RECORRIDO (KM)
CORRALÓN	06:40:00 a.m.	06:49:06 a.m.	00:09:06	0.10
TRASLADO	06:49:06 a.m.	07:24:59 a.m.	00:35:53	23.90
RELLENO S.	07:24:59 a.m.	07:31:31 a.m.	00:06:32	0.20
TRASLADO	07:31:31 a.m.	08:19:10 a.m.	00:47:39	27.40
RUTA	08:19:10 a.m.	10:27:24 a.m.	02:08:14	12.00
TRASLADO	10:27:24 a.m.	10:31:04 a.m.	00:03:40	1.60
RUTA	10:31:04 a.m.	10:51:14 a.m.	00:20:10	1.80
TRASLADO	10:51:14 a.m.	10:55:12 a.m.	00:03:58	0.60
U. TRASF.	10:55:12 a.m.	11:11:57 a.m.	00:16:45	0.10
TRASLADO	11:11:57 a.m.	11:13:31 a.m.	00:01:34	0.20
RUTA	11:13:31 a.m.	02:05:40 p.m.	02:52:09	15.60
TRASLADO	02:05:40 p.m.	02:10:21 p.m.	00:04:41	1.70
U. TRASF.	02:10:21 p.m.	02:20:50 p.m.	00:10:29	0.10
TRASLADO	02:20:50 p.m.	02:30:35 p.m.	00:09:45	1.90
RUTA	02:30:35 p.m.	05:21:00 p.m.	02:50:25	11.80
TRASLADO	05:21:00 p.m.	05:27:47 p.m.	00:06:47	3.40
U. TRASF.	05:27:47 p.m.	05:33:40 p.m.	00:05:53	0.10
TRASLADO	05:33:40 p.m.	05:58:38 p.m.	00:24:58	3.80
CORRALÓN	05:58:38 p.m.	06:03:00 p.m.	00:04:22	0.20



DATOS:	JORNAL DE TRABAJO	11:23:00	106.50

Velocidad	(Km/hr)
Velocidad Ruta (Km/hr)	5.61
Velocidad Ruta (Km/hr)	5.36
Velocidad Ruta (Km/hr)	5.44
Velocidad Ruta (Km/hr)	4.15
Vel. Promedio (Km/hr)	5.14

		T (H:M:S)	D (KM)
Traslados internos	7.78%	00:53:07	0.80
Traslados externos	20.34%	02:18:55	64.50
Traslados en ruta	71.88%	08:10:58	41.20



Sale de corralón directo a Relleno Sanitario.

Tabla 7-2 Comparativa de recorridos y costos Delegación Epigmenio González Fernández.

DATOS DELEGACIÓN EPIGMENIO GONZALEZ FERNANDEZ						
	PLANEACIÓN			REAL		
RUTA	KILOMETRAJE PLANEADO	COSTO PLANEADO PESOS	COSTO DOLARES	KILOMETRAJE REAL RECORRIDO	COSTO REAL PESOS	COSTO DOLARES
1	64.42	$ 535.33	$39.42	185.70	$ 1,543.17	$113.64
2	64.42	$ 535.33	$39.42	58.20	$ 483.64	$35.61
3	44.78	$ 372.12	$27.40	100.10	$ 831.83	$61.25
4	41.41	$ 344.12	$25.34	43.10	$ 358.16	$26.37
5	38.12	$ 316.78	$23.33	90.50	$ 752.06	$55.38
6	45.58	$ 378.77	$27.89	152.40	$ 1,266.44	$93.26
7	49.06	$ 407.69	$30.02	115.60	$ 960.64	$70.74
8	45.30	$ 376.44	$27.72	156.30	$ 1,298.85	$95.64
9	41.48	$ 344.70	$25.38	135.40	$ 1,125.17	$82.86
10	44.93	$ 373.37	$27.49	179.10	$ 1,488.32	$109.60
AS1 11	24.96	$ 207.42	$15.27	57.30	$ 476.16	$35.06
AS2 12	78.65	$ 653.58	$48.13	116.50	$ 968.12	$71.29
SUMAS	**583.11**	**$ 4,845.64**	**$ 356.82**	**1,390.20**	**$ 11,552.56**	**$ 850.70**

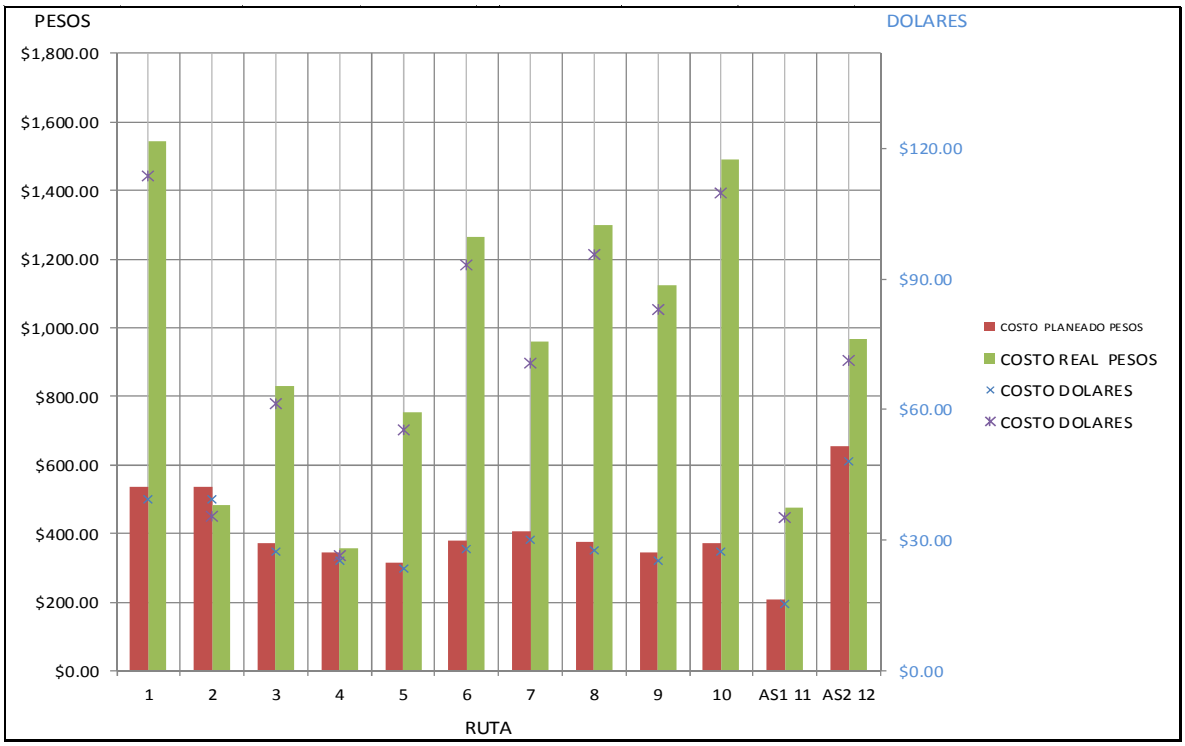


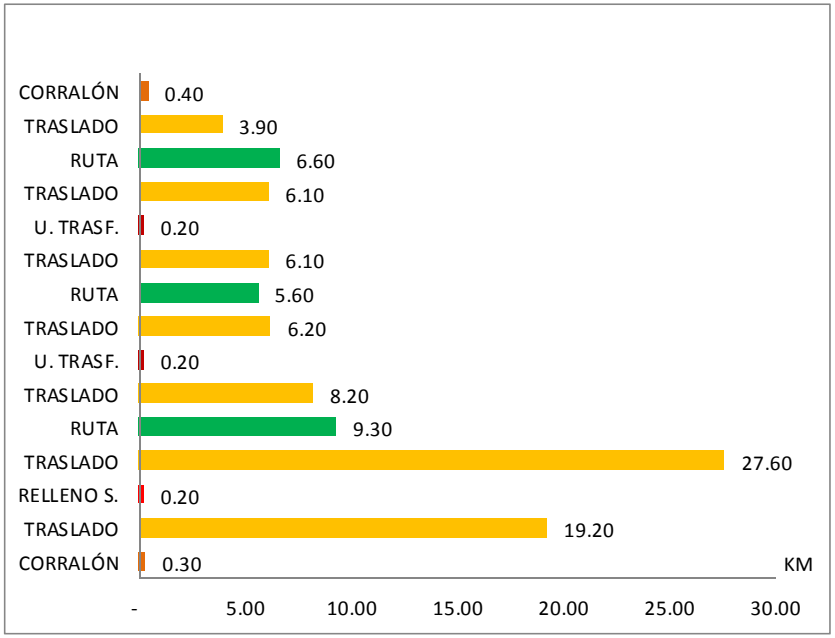
Figura 7-2 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Epigmenio Gonzalez Fernández.

Análisis de ruta:

Análisis DE RUTA 3, EPIGMENIO GONZALEZ FERNANDEZ

Recorridos 2 y 3 Junio 2014

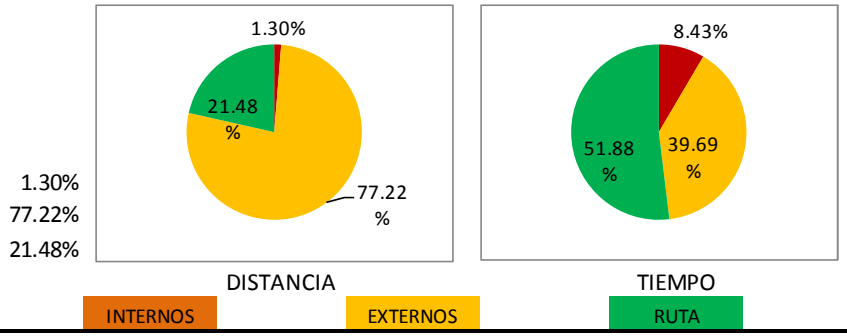
LUGAR	HORA INICIAL	HORA FINAL	DURACIÓN H:M:S	RECORRIDO (KM)
CORRALÓN	08:50:41 p.m.	09:12:30 p.m.	00:21:49	0.40
TRASLADO	09:12:30 p.m.	09:24:10 p.m.	00:11:40	3.90
RUTA	09:24:10 p.m.	10:51:47 p.m.	01:27:37	6.60
TRASLADO	10:51:47 p.m.	11:05:50 p.m.	00:14:03	6.10
U. TRASF.	11:05:50 p.m.	11:08:02 p.m.	00:02:12	0.20
TRASLADO	11:08:02 p.m.	11:20:00 p.m.	00:41:49	6.10
RUTA	11:20:00 p.m.	12:38:00 a.m.	01:18:00	5.60
TRASLADO	12:38:00 a.m.	01:22:50 a.m.	00:44:50	6.20
U. TRASF.	01:22:50 a.m.	01:28:07 a.m.	00:05:17	0.20
TRASLADO	01:28:07 a.m.	01:52:46 a.m.	00:24:39	8.20
RUTA	01:52:46 a.m.	03:24:35 a.m.	01:31:49	9.30
TRASLADO	03:24:35 a.m.	03:58:20 a.m.	00:33:45	27.60
RELLENO S.	03:58:20 a.m.	04:01:07 a.m.	00:02:47	0.20
TRASLADO	04:01:07 a.m.	04:27:16 a.m.	00:26:09	19.20
CORRALÓN	04:27:16 a.m.	04:37:00 a.m.	00:09:44	0.30



DATOS:	JORNAL DE TRABAJO	08:16:10	100.10

Velocidad	(Km/hr)
Velocidad Ruta (Km/hr)	4.52
Velocidad Ruta (Km/hr)	4.31
Velocidad Ruta (Km/hr)	6.08
Vel. Promedio (Km/hr)	4.97

		T (H:M:S)	D (KM)
Traslados internos	8.43%	00:41:49	1.30
Traslados externos	39.69%	03:16:55	77.30
Traslados en ruta	51.88%	04:17:26	21.50



Realiza 2 Descargas en Unidad de transferencia y una más en relleno sanitario.

Tabla 7-3 Comparativa de recorridos y costos Delegación Josefa Vergara y Hernández.

DATOS DELEGACIÓN JOSEFA VERGARA Y HERNANDEZ						
	PLANEACIÓN			REAL		
RUTA	KILOMETRAJE PLANEADO	COSTO PLANEADO PESOS	COSTO DOLARES	KILOMETRAJE REAL RECORRIDO	COSTO REAL PESOS	COSTO DOLARES
1	68.83	$ 571.98	$42.12	77.70	$ 645.69	$47.55
2	69.05	$ 573.81	$42.25	68.60	$ 570.07	$41.98
3	73.53	$ 611.03	$45.00	125.00	$ 1,038.75	$76.49
4	59.73	$ 496.36	$36.55	123.70	$ 1,027.95	$75.70
5	67.56	$ 561.42	$41.34	85.80	$ 713.00	$52.50
6	73.47	$ 610.54	$44.96	68.60	$ 570.07	$41.98
7	84.66	$ 703.52	$51.81	95.20	$ 791.11	$58.26
8	80.67	$ 670.37	$49.36	139.00	$ 1,155.09	$85.06
9	41.40	$ 344.03	$25.33	95.30	$ 791.94	$58.32
AS3 10	44.83	$ 372.54	$27.43	80.30	$ 667.29	$49.14
AS4 11	73.99	$ 614.86	$45.28	63.50	$ 527.69	$38.86
SUMAS	**737.72**	**$ 6,130.45**	**$ 451.43**	**1,022.70**	**$ 8,498.64**	**$ 625.82**

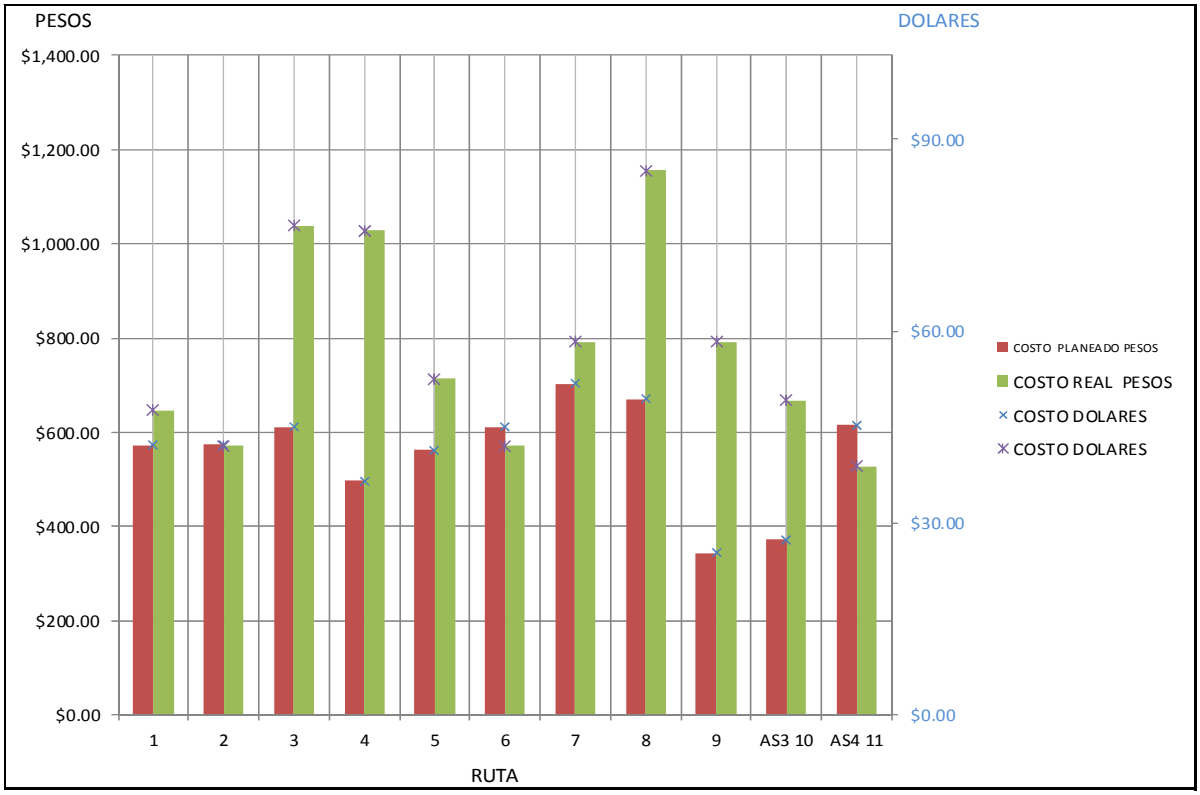


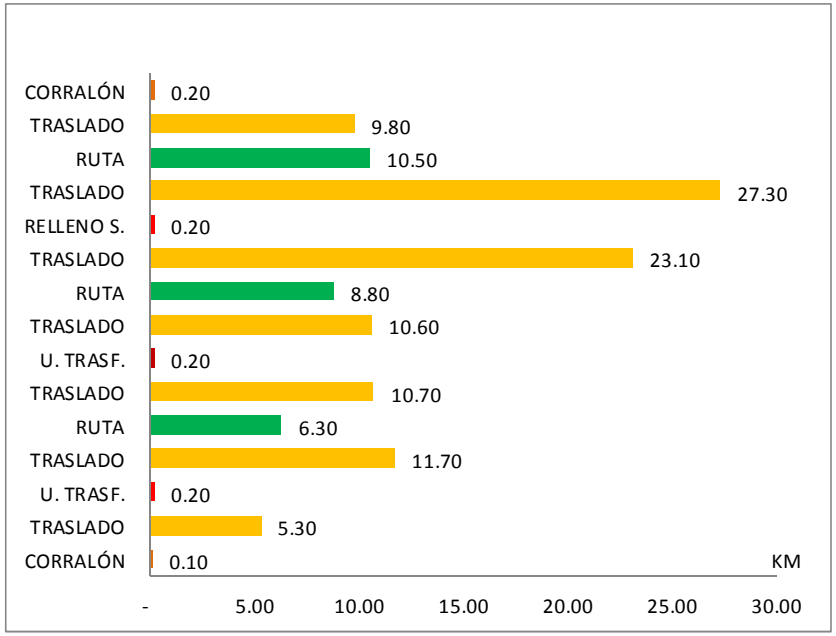
Figura 7-3 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Josefa Vergara y Hernandez.

Análisis de ruta:

Análisis DE RUTA 3, JOSEFA VERGARA Y HERNANDEZ

Recorridos 2 y 3 Junio 2014

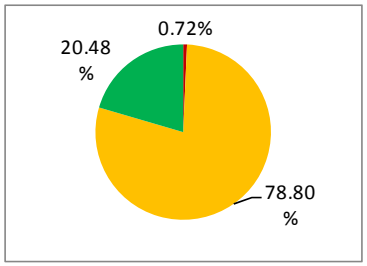
LUGAR	HORA INICIAL	HORA FINAL	DURACIÓN H:M:S	RECORRIDO (KM)
CORRALÓN	06:45:25 a.m.	06:54:18 a.m.	00:08:53	0.20
TRASLADO	06:54:18 a.m.	07:10:23 a.m.	00:16:05	9.80
RUTA	07:10:23 a.m.	09:41:14 a.m.	02:30:51	10.50
TRASLADO	09:41:14 a.m.	10:12:20 a.m.	00:31:06	27.30
RELLENO S.	10:12:20 a.m.	10:16:58 a.m.	00:04:38	0.20
TRASLADO	10:16:58 a.m.	10:49:36 a.m.	00:41:49	23.10
RUTA	10:49:36 a.m.	01:29:47 p.m.	01:18:00	8.80
TRASLADO	01:29:47 p.m.	02:15:10 p.m.	00:45:23	10.60
U. TRASF.	02:15:10 p.m.	02:19:14 p.m.	00:04:04	0.20
TRASLADO	02:19:14 p.m.	02:42:53 p.m.	00:23:39	10.70
RUTA	02:42:53 p.m.	04:12:10 p.m.	01:29:17	6.30
TRASLADO	04:12:10 p.m.	04:37:21 p.m.	00:25:11	11.70
U. TRASF.	04:37:21 p.m.	04:40:36 p.m.	00:03:15	0.20
TRASLADO	04:40:36 p.m.	04:56:49 p.m.	00:16:13	5.30
CORRALÓN	04:56:49 p.m.	05:03:14 p.m.	00:06:25	0.10

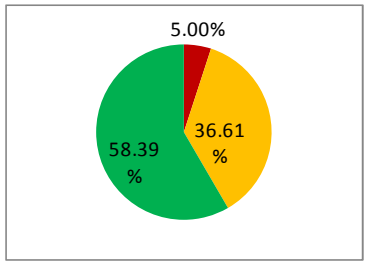


DATOS:	JORNAL DE TRABAJO	09:04:49	125.00

Velocidad	(Km/hr)
Velocidad Ruta (Km/hr)	4.18
Velocidad Ruta (Km/hr)	6.77
Velocidad Ruta (Km/hr)	4.23
Vel. Promedio (Km/hr)	5.06

		T (H:M:S)	D (KM)
Traslados internos	5.00%	00:27:15	0.90
Traslados externos	36.61%	03:19:26	98.50
Traslados en ruta	58.39%	05:18:08	25.60





DISTANCIA

INTERNOS EXTERNOS

TIEMPO

RUTA

Realiza 2 Descargas en Unidad de transferencia y una más en relleno sanitario.

Tabla 7-4 Comparativa de recorridos y costos Delegación Felipe Carrillo Puerto.

DATOS DELEGACIÓN FELIPE CARRILLO PUERTO						
	PLANEACIÓN			REAL		
RUTA	KILOMETRAJE PLANEADO	COSTO PLANEADO PESOS	COSTO DOLARES	KILOMETRAJE REAL RECORRIDO	COSTO REAL PESOS	COSTO DOLARES
1	64.65	$ 537.24	$39.56	86.00	$ 714.66	$52.63
2	62.34	$ 518.05	$38.15	42.90	$ 356.50	$26.25
3	71.50	$ 594.17	$43.75	40.30	$ 334.89	$24.66
4	74.80	$ 621.59	$45.77	46.30	$ 384.75	$28.33
5	93.11	$ 773.74	$56.98	58.50	$ 486.14	$35.80
6	96.73	$ 803.83	$59.19	52.50	$ 436.28	$32.13
7	47.33	$ 393.31	$28.96	80.40	$ 668.12	$49.20
8	47.33	$ 393.31	$28.96	119.30	$ 991.38	$73.00
9	42.28	$ 351.35	$25.87	111.00	$ 922.41	$67.92
SUMAS	**600.07**	**$ 4,986.58**	**$ 367.20**	**637.20**	**$ 5,295.13**	**$ 389.92**

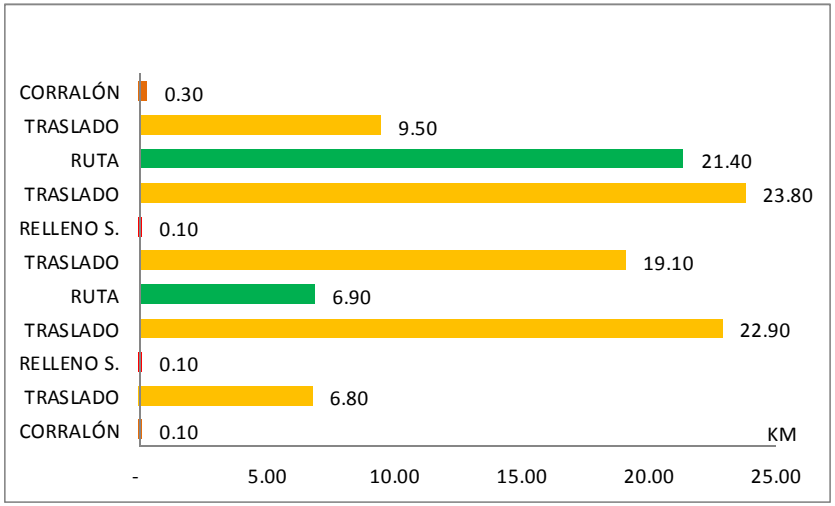
Figura 7-4 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Felipe Carrillo Puerto.

Análisis de ruta:

Análisis DE RUTA 9,FELIPE CARRILLO PUERTO

LUGAR	HORA INICIAL	HORA FINAL	DURACIÓN H:M:S	RECORRIDO (KM)
CORRALÓN	06:42:02 a.m.	06:52:00 a.m.	00:09:58	0.30
TRASLADO	06:52:00 a.m.	07:09:35 a.m.	00:17:35	9.50
RUTA	07:09:35 a.m.	09:20:25 a.m.	02:10:50	21.40
TRASLADO	09:20:25 a.m.	09:53:50 a.m.	00:33:25	23.80
RELLENO S.	09:53:50 a.m.	09:57:17 a.m.	00:03:27	0.10
TRASLADO	09:57:17 a.m.	10:34:46 a.m.	00:37:29	19.10
RUTA	10:34:46 a.m.	01:22:46 p.m.	02:48:00	6.90
TRASLADO	01:22:46 p.m.	02:03:00 p.m.	00:40:14	22.90
RELLENO S.	02:03:00 p.m.	02:07:03 p.m.	00:04:03	0.10
TRASLADO	02:07:03 p.m.	02:36:12 p.m.	00:29:09	6.80
CORRALÓN	02:36:12 p.m.	02:46:04 p.m.	00:09:52	0.10

Recorridos 3 Julio 2014

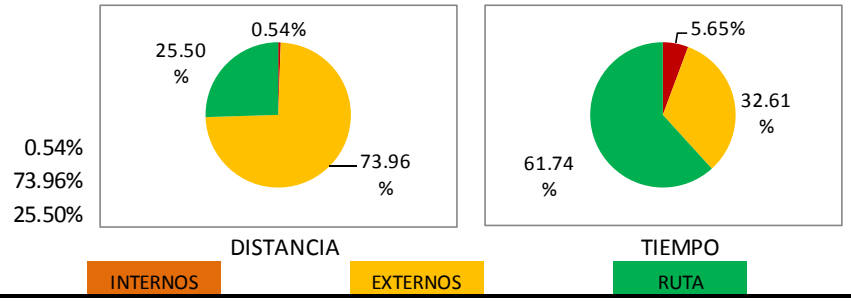


DATOS:

JORNAL DE TRABAJO	08:04:02	111.00

Velocidad	(Km/hr)
Velocidad Ruta (Km/hr)	9.81
Velocidad Ruta (Km/hr)	2.46
Vel. Promedio (Km/hr)	6.14

		T (H:M:S)	D (KM)
Traslados internos	5.65%	00:27:20	0.60
Traslados externos	32.61%	02:37:52	82.10
Traslados en ruta	61.74%	04:58:50	28.30



Sólo se descarga en Relleno Sanitario.

Tabla 7-5 Comparativa de recorridos y costos Delegación Félix Osores Sotomayor.

DATOS DELEGACIÓN FELIX OSORES SOTO MAYOR						
	PLANEACIÓN			REAL		
RUTA	KILOMETRAJE PLANEADO	COSTO PLANEADO PESOS	COSTO DOLARES	KILOMETRAJE REAL RECORRIDO	COSTO REAL PESOS	COSTO DOLARES
1	81.15	$ 674.36	$49.66	90.40	$ 751.22	$55.32
2	56.80	$ 472.01	$34.76	91.30	$ 758.70	$55.87
3	53.40	$ 443.75	$32.68	81.00	$ 673.11	$49.57
4	55.72	$ 463.03	$34.10	67.60	$ 561.76	$41.37
5	61.60	$ 511.90	$37.69	51.40	$ 427.13	$31.45
6	60.72	$ 504.58	$37.16	29.70	$ 246.81	$18.17
7	46.94	$ 390.07	$28.72	27.60	$ 229.36	$16.89
8	30.43	$ 252.87	$18.62	102.90	$ 855.10	$62.97
9	46.37	$ 385.33	$28.38	68.70	$ 570.90	$42.04
10	47.83	$ 397.47	$29.27	103.50	$ 860.09	$63.33
11	49.35	$ 410.10	$30.20	62.60	$ 520.21	$38.31
12	20.77	$ 172.60	$12.71	48.50	$ 403.04	$29.68
13	46.37	$ 385.33	$28.38	57.00	$ 473.67	$34.88
14	69.32	$ 576.05	$42.42	47.90	$ 398.05	$29.31
15	80.84	$ 671.78	$49.47	65.60	$ 545.14	$40.14
4A	50.05	$ 415.92	$30.63	98.60	$ 819.37	$60.34
SUMAS	**610.59**	**$ 5,074.00**	**$ 373.64**	**764.00**	**$ 6,348.84**	**$ 467.51**

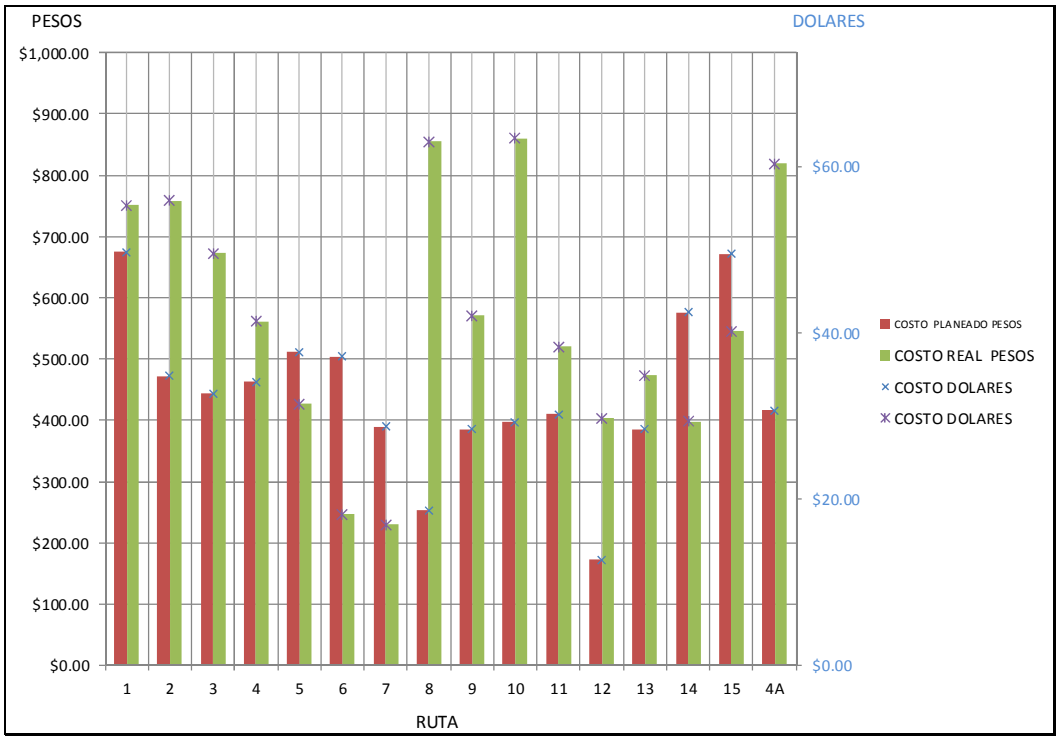


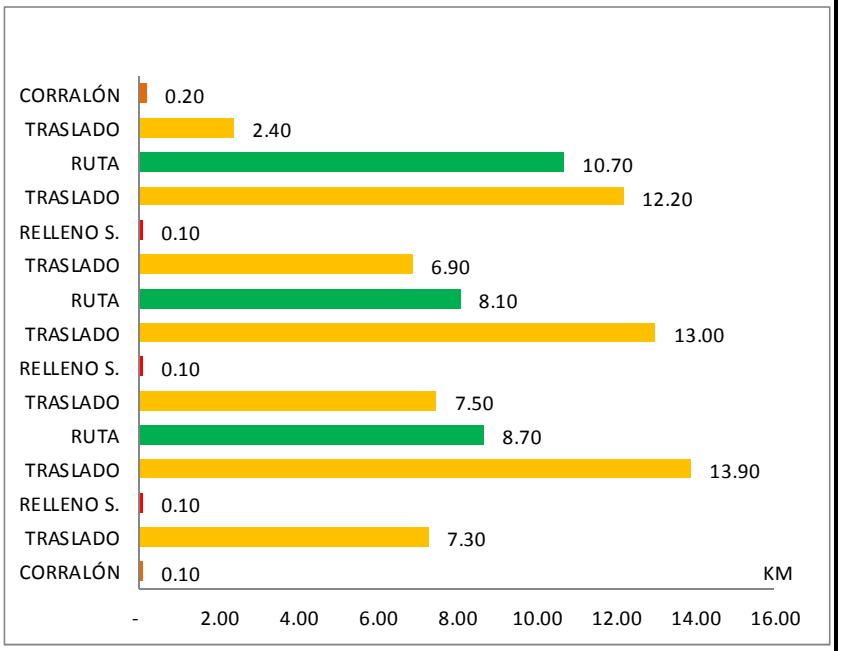
Figura 7-5 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Félix Osores Soto Mayor.

Análisis de ruta:

Análisis DE RUTA 2, FELIX OSORES SOTO MAYOR

Recorridos 23 y 24 Junio 2014

LUGAR	HORA INICIAL	HORA FINAL	DURACIÓN H:M:S	RECORRIDO (KM)
CORRALÓN	06:45:00 a.m.	06:49:00 a.m.	00:04:00	0.20
TRASLADO	06:49:00 a.m.	06:55:20 a.m.	00:06:20	2.40
RUTA	06:55:20 a.m.	09:26:30 a.m.	02:31:10	10.70
TRASLADO	09:26:30 a.m.	09:45:02 a.m.	00:18:32	12.20
RELLENO S.	09:45:02 a.m.	09:53:30 a.m.	00:08:28	0.10
TRASLADO	09:53:30 a.m.	10:12:30 a.m.	00:19:00	6.90
RUTA	10:12:30 a.m.	11:58:00 a.m.	01:45:30	8.10
TRASLADO	11:58:00 a.m.	12:24:42 p.m.	00:26:42	13.00
RELLENO S.	12:24:42 p.m.	12:27:05 p.m.	00:02:23	0.10
TRASLADO	12:27:05 p.m.	12:43:25 p.m.	00:16:20	7.50
RUTA	12:43:25 p.m.	02:23:24 p.m.	01:39:59	8.70
TRASLADO	02:23:24 p.m.	02:57:00 p.m.	00:33:36	13.90
RELLENO S.	02:57:00 p.m.	03:01:31 p.m.	00:04:31	0.10
TRASLADO	03:01:31 p.m.	03:18:48 p.m.	00:17:17	7.30
CORRALÓN	03:18:48 p.m.	03:21:59 p.m.	00:03:11	0.10



DATOS:	JORNAL DE TRABAJO	08:36:59	91.30

Velocidad	(Km/hr)
Velocidad Ruta (Km/hr)	4.25
Velocidad Ruta (Km/hr)	4.61
Velocidad Ruta (Km/hr)	5.22
Vel. Promedio (Km/hr)	4.69

		T (H:M:S)	D (KM)
Traslados internos	4.36%	00:22:33	0.60
Traslados externos	26.65%	02:17:47	63.20
Traslados en ruta	68.99%	05:56:39	27.50

Descargas en relleno sanitario. / Corresponde a Ruta 3, según planos del municipio.

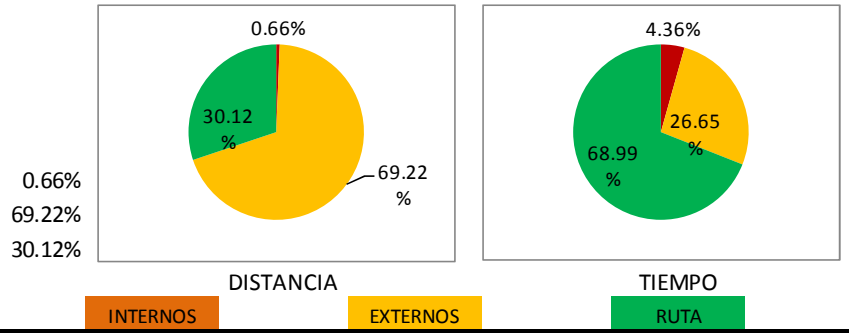


Tabla 7-6 Comparativa de recorridos y costos Delegación Santa Rosa Jáuregui.

DATOS DELEGACIÓN SANTA ROSA JAUREGUI						
	PLANEACIÓN			REAL		
RUTA	KILOMETRAJE PLANEADO	COSTO PLANEADO PESOS	COSTO DOLARES	KILOMETRAJE REAL RECORRIDO	COSTO REAL PESOS	COSTO DOLARES
1	58.98	$ 490.12	$36.09	54.70	$ 454.56	$33.47
2	60.90	$ 506.08	$37.27	66.10	$ 549.29	$40.45
3	94.70	$ 786.96	$57.95	78.70	$ 654.00	$48.16
4	65.03	$ 540.40	$39.79	117.60	$ 977.26	$71.96
5	94.70	$ 786.96	$57.95	100.40	$ 834.32	$61.44
6	94.70	$ 786.96	$57.95	91.10	$ 757.04	$55.75
7	94.70	$ 786.96	$57.95	138.00	$ 1,146.78	$84.45
SUMAS	**563.71**	**$ 4,684.43**	**$ 344.95**	**646.60**	**$ 5,373.25**	**$ 395.67**

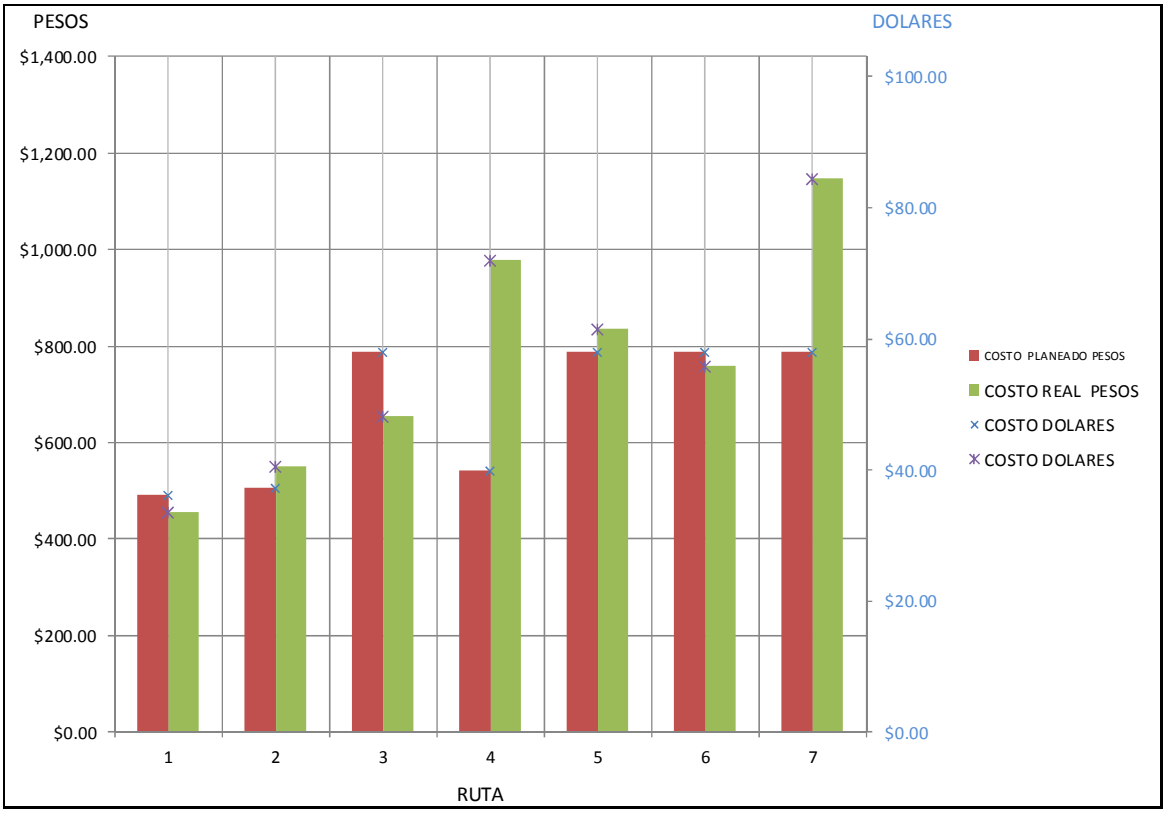


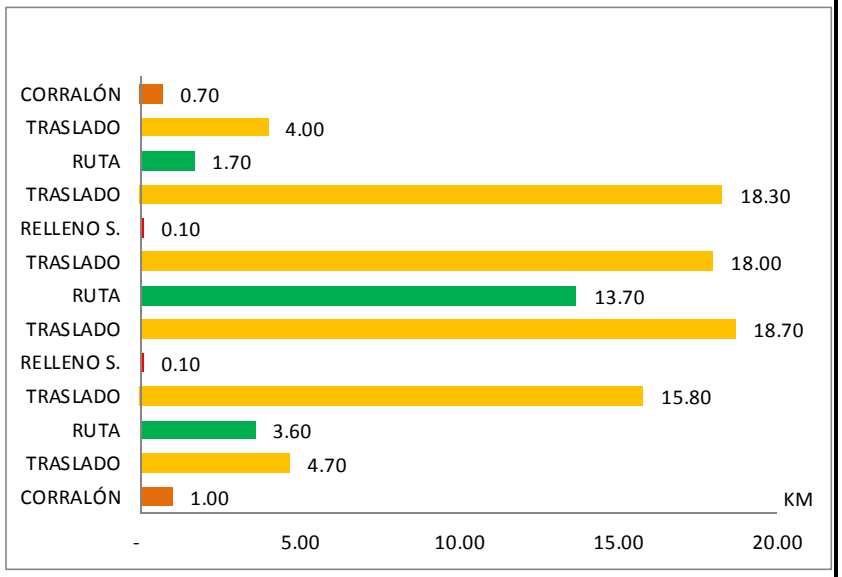
Figura 7-6 Gráfico de comparativa de recorridos y costos Delegación Santa Rosa Jaureguí.

Análisis de ruta:

Análisis DE RUTA 5, SANTA ROSA JAUREGUI

Recorridos 11 Julio 2014

LUGAR	HORA INICIAL	HORA FINAL	DURACIÓN H:M:S	RECORRIDO (KM)
CORRALÓN	06:00:00 a.m.	06:18:25 a.m.	00:18:25	0.70
TRASLADO	06:18:25 a.m.	06:31:03 a.m.	00:12:38	4.00
RUTA	06:31:03 a.m.	07:16:50 a.m.	00:45:47	1.70
TRASLADO	07:16:50 a.m.	08:10:10 a.m.	00:53:20	18.30
RELLENO S.	08:10:10 a.m.	08:15:03 a.m.	00:04:53	0.10
TRASLADO	08:15:03 a.m.	08:47:05 a.m.	00:32:02	18.00
RUTA	08:47:05 a.m.	11:28:00 a.m.	02:40:55	13.70
TRASLADO	11:28:00 a.m.	12:47:35 p.m.	01:19:35	18.70
RELLENO S.	12:47:35 p.m.	12:50:15 p.m.	00:02:40	0.10
TRASLADO	12:50:15 p.m.	01:28:45 p.m.	00:38:30	15.80
RUTA	01:28:45 p.m.	02:07:00 p.m.	00:38:15	3.60
TRASLADO	02:07:00 p.m.	02:16:57 p.m.	00:09:57	4.70
CORRALÓN	02:16:57 p.m.	02:19:01 p.m.	00:02:04	1.00

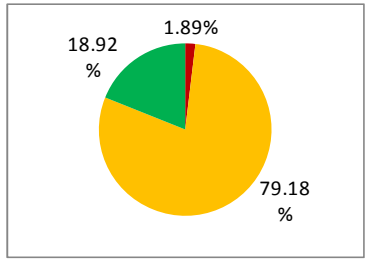


DATOS:

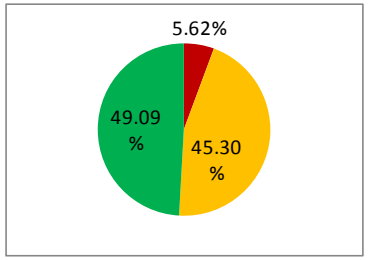
JORNAL DE TRABAJO	08:19:01	100.40

Velocidad	(Km/hr)
Velocidad Ruta (Km/hr)	2.23
Velocidad Ruta (Km/hr)	5.11
Velocidad Ruta (Km/hr)	5.65
Vel. Promedio (Km/hr)	4.33

		T (H:M:S)	D (KM)	
Traslados internos	5.62%	00:28:02	1.90	1.89%
Traslados externos	45.30%	03:46:02	79.50	79.18%
Traslados en ruta	49.09%	04:04:57	19.00	18.92%



DISTANCIA



TIEMPO

INTERNOS EXTERNOS RUTA

Regresa a corralón con basura. / La ruta cambia considerablemente día con día.

8. APÉNDICE 2

8.1 Aspectos normativos

El siguiente texto está tomado de las consideraciones hechas por el Estado de Querétaro de Arteaga a través de la gubernatura del Lic. Francisco Garrido Patrón y la quincuagésima cuarta legislatura del Estado de Querétaro, de las cuales deriva la creación de la "Ley de prevención y gestión integral de residuos del Estado de Querétaro", publicada en el periódico oficial del Estado de Querétaro, "La Sombra de Arteaga" el 20 de febrero de 2003. (no. 16).

Se redacta que ante la situación preocupante del rápido crecimiento demográfico e industrial del Estado de Querétaro, con un aumento continuo del volumen de residuos sólidos y desechos generados por los distintos sectores, falta de capacidad de gestión en la materia y de infraestructura necesaria de servicios para su manejo, se constituye una amenaza, por la posibilidad de que con ello se agraven los problemas de contaminación y se pongan en riesgo las fuentes de abastecimiento de agua, si los residuos no se depositan convenientemente y en lugares apropiados.

Esta Ley, cuyo propósito substancial consiste en subsanar las deficiencias que existen en la regulación y control de residuos en el Estado de Querétaro, es complemento de otras existentes, tales como: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de Querétaro y la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Se parte del Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en la que se establece que los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos, sin embargo, la regulación y control del manejo ambiental de los residuos no tuvo lugar sino hasta

1988, año en el que se publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en la que se asignó dicha facultad a la Federación, tratándose de residuos peligrosos dotados de características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas.

En esta Ley, se reconoce que los residuos peligrosos, sólidos municipales e industriales, constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos, razón por la cual debe prevenirse su generación, buscarse su minimización a través de su reúso o reciclaje y, darse un tratamiento y disposición final adecuados a los que no puedan evitarse o reaprovecharse. Se aplica esta Ley con la finalidad de garantizar el derecho de los gobernados a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar. Su función será la de regular desde la perspectiva ambiental, la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos de jurisdicción local, así como la prestación del servicio de limpia, la prevención de la contaminación y la remediación de sitios contaminados con residuos.

En este documento se citan las funciones de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro y de los municipios, con la finalidad de que se generen los criterios de manejo ambiental y los ordenamientos que regulen el manejo de los residuos sólidos y desechos peligrosos. Se establece el origen de los recursos para llevar a cabo las funciones antes descritas, así como promover que a través de la educación y de la participación social el desarrollo de hábitos de consumo, que reduzcan la generación de residuos y la adopción de conductas que faciliten la separación de los residuos tan pronto como se generen, así como su reutilización, reciclado y manejo ambientalmente adecuados, para crear una cultura de minimización y clasificación de residuos. Finalmente se establecen las obligaciones de los particulares, de los grandes generadores de basura y de aquellos de generación de residuos peligrosos, que van desde mantener limpias las banquetas de los hogares, hasta generar reportes de volúmenes y tipo de

residuos generados; las obligaciones de los servicios de limpia, que van desde el barrido de áreas comunes, vialidades y demás vías públicas, la recolección y el transporte de residuos sólidos urbanos, el almacenamiento temporal y la disposición final en rellenos sanitarios o en confinamientos controlados; la recolección, separación y reaprovechamiento de residuos; generación de composta, donde conjuntamente autoridades estatales y municipales competentes formulen un programa para promover la elaboración y el consumo de composta; la disposición final en rellenos sanitarios, que se considera como la última opción, una vez que se hayan agotado las posibilidades de aprovechar o tratar los residuos por otros medios; sanciones a quienes infrinjan esta Ley y medidas de mitigación a suelos contaminados, que van desde llevar a cabo las acciones necesarias para remediar el sitio contaminado cuando este represente un riesgo para la salud y el ambiente, y en su caso, a indemnizar los daños causados a terceros de conformidad con la legislación aplicable.

Se redactan las siguientes notas tomadas de la Guía de Cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003 y de la publicación de esta Norma en el Diario Oficial de la Federación el día 20 de Octubre de 2004:

México enfrenta grandes retos en el manejo de sus residuos sólidos urbanos (RSU) y de su manejo especial (RME), conocidos coloquialmente como “basura”. Factores como el crecimiento de la población y de la actividad industrial, los patrones actuales de producción y consumo, el proceso de urbanización, entre otros, han modificado de manera importante la cantidad y composición de estos residuos.

En las últimas cuatro décadas la población del país creció de 30 millones de habitantes en 1950 a 97.3 millones en 2000; (Actualmente la población del País oscila entre los 115 millones de habitantes, de acuerdo al censo de 2010 INEGI), y la generación de residuos se incrementó alrededor de 10 veces, pasó de 3

millones de toneladas en la década de los cincuenta a 32 millones de toneladas en la actualidad. Esto significa, en promedio, que cada habitante genera cerca de 1 Kg de basura diariamente.

Del total de los residuos generados en el país se recolecta alrededor de 83 por ciento, pero sólo la mitad tiene una disposición final adecuada. En consecuencia, de los 32 millones generados al año poco más de 12 millones se disponen en tiraderos a cielo abierto y sin control alguno. Adicionalmente, es necesario señalar que la mayoría de los sitios de disposición final no cumplen con las condiciones para evitar la contaminación los suelos, los acuíferos y el aire por el efecto de los lixiviados y el biogas generados por la descomposición de la basura. Por lo anterior descrito, se hizo necesario replantear las condiciones y requisitos fundamentales establecidos para una disposición final adecuada en los rellenos sanitarios, se estable una norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, “Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial”. Los objetivos principales de esta Norma se enfocan a, por un lado incluir especificaciones de protección ambiental no sólo para la selección del sitio, sino también para las etapas de diseño, operación y clausura; así como adecuar las especificaciones a las condiciones técnicas y económicas de los municipios mexicanos.

En esta norma, se clasifican como 3 tipos principales de residuos: 1) Residuos peligrosos (RP), que son aquellos que poseen alguna característica de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos. Son responsabilidad de la federación con excepción de microgeneradores; 2) Residuos sólidos urbanos (RSU), conocidos como “basura”, son aquellos desechos generados en hogares, comercios o en la vía pública, tales como envases, empaques, restos de comida, o lo que resulta de la limpieza de las

calles y lugares públicos. Son responsabilidad de los municipios; y 3) Residuos de manejo especial (RME), que son producidos por grandes generadores, sin que tengan características de peligrosidad o ser RSU, son responsabilidad de las entidades federativas y de los municipios. De acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003, los residuos que están prohibidos para su ingreso a los rellenos sanitarios son únicamente los peligrosos.

En cuanto al manejo de los residuos sólidos, semisólidos, líquidos o gaseosos, las prácticas tradicionales sin control han dado lugar a la aparición de tiraderos a cielo abierto, que constituyen un foco de contaminación ambiental y riesgo para la salud de la población. Aquí es donde radica la importancia de la disposición final de los residuos, que se define como la acción de depositar permanentemente los residuos en sitios e instalaciones, cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas. Por lo anterior, la importancia de normar los rellenos sanitarios, definidos como obras de infraestructura que, siguiendo los requisitos que marca la norma oficial mexicana correspondiente, aplican métodos de ingeniería para evitar la contaminación del suelo, agua y aire que provoca la basura. De acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003, los rellenos sanitarios se categorizan de según la cantidad de RSU y RME que reciben diariamente, tanto de domicilios, comercios e industrias (no peligrosos), como de los servicios de limpieza de calles y lugares públicos. Las categorías son: A, B, C y D, con tonelaje recibido en el sitio de disposición final en Ton /día con los siguientes rangos: Mayor de 100, De 50 hasta 100, De 10 y menor que 50 y Menor de 10, los cuales equivalen a un rango en número de habitantes: Mayor de 100,000, De 50,000 hasta 120,000, De 12,000 hasta 65,000 y Menor de 15,000.

Los beneficios esperados con la aplicación de esta Norma son entre otros, Evitar la contaminación del suelo, aire y agua provocada por la mala disposición de la basura en los tiraderos a cielo abierto, Mejorar las condiciones de

salud de la población, al eliminar posibles fuentes de infección transmitidas por moscas, ratas u otros animales e insectos, Disminuir los riesgos de incendio y explosiones en los tiraderos existentes, Inducir un mejor manejo integral de los residuos, desde la minimización de su generación y eficientando la recolección, transporte, transferencia y disposición final y Mejorar las condiciones de la localidad (paisaje), lo que puede hacerla más atractiva para la inversión y para los turistas.

Dentro de esta Norma se establece de acuerdo a la categoría del relleno sanitario las condicionantes o estudios particulares que se requieren para cada caso, que van desde: A) Especificaciones de selección del sitio, B) Características constructivas y operativas y C) Clausura del sitio. Siendo obviamente mayor número de estudios para el caso de los rellenos sanitarios categoría “A”. Se indica además el proceso para la construcción de un nuevo relleno sanitario de acuerdo con las diferentes etapas y se establece que para aquellos sitios que se encuentran operando, y que no cumplan con los requisitos presentados en la norma deberán presentar un Plan de Regularización (PR) ante las autoridades ambientales federales y estatales, en un tiempo no mayor de 18 meses, a partir de la entrada en vigor de la norma (publicada en el Diario Oficial de La Federación el 20 de Octubre de 2004). En él se establecerán las adecuaciones que será necesario efectuar al sitio en operación de manera tal que se ajuste a las especificaciones de la norma, o bien planteando su clausura bajo los lineamientos marcados en la misma regulación oficial.