



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad.

Monitoreo de vehículos de carga en distribución urbana mediante dispositivos de posicionamiento satelital

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Maestro en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad.

Presenta:

Ing. Juan Carlos Corral Rios

Dirigido por:

Dr. Eduardo Betanzo Quezada.

Dr. Eduardo Betanzo Quezada
Presidente

Dra. María de la Luz Pérez Rea
Secretario

Dr. Juan Bosco Hernández Zaragoza
Vocal

Dr. Ricardo Montoya Zamora
Suplente

M.I. Emilio Abarca Pérez
Suplente

Centro Universitario Querétaro, Qro.
Fecha 30 de octubre del 2020

RESUMEN

El propósito de la presente investigación es el analizar la idoneidad de las rutas de los vehículos de transporte de carga urbano dentro de la ciudad de Santiago de Querétaro, México. Bajo un método de estudios de caso se instrumentaron vehículos con dispositivos de posicionamiento satelital donde se analizaron los recorridos generados por los vehículos, así como la determinación de costos de entrega derivados de una mala planeación de las rutas. Los resultados muestran las ventajas del uso de tecnologías GPS para realizar modificaciones en la estructura de las rutas y así tener ahorros económicos significativos para las empresas y reducir la interacción de los vehículos con el tráfico local.

(**Palabras clave:** GPS, Logística, Microeconomía.)

SUMMARY

The purpose of the investigation consists in analyzing the logistic cost of distribution routes within the city of Santiago de Querétaro, México. Two cases studies in micro companies were performed, in order to instrumented freight vehicles with global positioning system. The collected data was used to generate some metrics when trucks performed distribution routes with and without these devices. The results show the advantages of using GPS technologies in route planning, as they can help companies to reduce economical cost and time in urban traffic.

(Key words: GPS, Logistics, Micro-economics)

A mis padres, familia y amigos por brindarme el apoyo necesario para seguir adelante con mis estudios e intentar ser mejor persona.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eduardo Betanzo Quezada por su dedicación, paciencia y su tiempo para ayudarme a mejorar como persona y encaminarme en el camino de la investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por proporcionarme los medios para poder continuar con mis estudios de postgrado.

A la Universidad Autónoma de Querétaro, pero en especial a mis profesores que cambiaron el panorama que tenía sobre mi profesión.

A mis amigos y compañeros Milena, Aldo, Divya y Anubis por hacer más amena mi estancia.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	12
1.1 PERSPECTIVA MACROECONÓMICA	12
1.2 PERSPECTIVA MICROECONÓMICA	16
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.	17
1.4 OBJETIVO.	19
1.5 HIPÓTESIS.	19
2. MARCO TEÓRICO.	20
2.1 PROBLEMAS GENERADOS POR EL TRANSPORTE DE CARGA.	20
2.2 PROBLEMÁTICAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE CARGA EN CIUDADES.	20
2.3 MÉTODOS DE RUTEO.	23
2.4 LOCALIZACIÓN DE VEHÍCULOS MEDIANTE DISPOSITIVOS DE RASTREO SATELITAL... ..	24
2.5 RUTEO MEDIANTE GPS.	26
3. METODOLOGÍA.	30
3.1 ASPECTOS GENERALES	30
3.2 ETAPA EXPERIMENTAL	32
3.2.1 <i>Etapa 1: Etapa previa.</i>	32
3.2.2 <i>Etapa 2: Etapa operativa.</i>	34
3.2.3 <i>Dispositivos empleados.</i>	35
4. RESULTADOS.	38
4.1 ESTUDIO DE CASO: "HIELO SAN-HER"	39
4.2 ESTUDIO DE CASO: "WIITS AGUA ALCALINA"	53
5. BIBLIOGRAFÍA	72
6. APÉNDICE.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Características de los dispositivos GPS. Fuente: Elaboración propia. .	35
Tabla 4.1 Ficha técnica: Características del producto distribuido. Fuente: Elaboración propia.	40
Tabla 4.2 Características de los vehículos de la empresa "Hielo San-her". Fuente: Elaboración propia.	41
Tabla 4.3 Tabla de costos estimados por ruta. Fuente: Elaboración propia.....	45
Tabla 4.4 Tabla de costos reales por ruta. Fuente: Elaboración propia.	47
Tabla 4.5 Cálculo de costos de ruta con datos reales y del IMT. Fuente: Elaboración propia	48
Tabla 4.6 Gastos y utilidad por km. Fuente: Elaboración propia.	49
Tabla 4.7 Calculo del costo logístico en la ruta 1 del vehículo Ford F-250. Fuente: Elaboración propia.	50
Tabla 4.8 Diferencia en costos entre rutas reales y rutas alterna de la empresa "Hielo San-her". Fuente: Elaboración propia.	52
Tabla 4.9 Ficha técnica: Características del producto distribuido. Fuente: Elaboración propia.	53
Tabla 4.10 Características de los vehículos de la empresa "Wiits agua alcalina". Fuente: Elaboración propia.	54
Tabla 4.11 Rutas empleadas por la empresa. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la empresa.....	56
Tabla 4.12 Tabla de costos estimados por ruta. Fuente: Elaboración propia.....	60
Tabla 4.13 Tabla de costos reales por ruta. Fuente: Elaboración propia	61

Tabla 4.14 Cálculo de costos de ruta con datos reales y del IMT. Fuente: Elaboración propia	62
Tabla 4.15 Gastos y utilidad por km. Fuente: Elaboración propia.	63
Tabla 4.16 Diferencia en costos entre rutas reales y rutas alternas de la empresa "Wiits Agua alcalina". Fuente: Elaboración propia.....	65
Tabla 4.17 Resumen de ganancias y costos totales de las empresas estudiadas. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 4.18 Comparación entre utilidades generadas por rutas reales y alternas. Fuente: Elaboración propia.	67
Tabla 7.1 Ejemplo de reporte generado por los dispositivos. Fuente: Elaboración propia.	79

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 3.1. Secuencia de los trabajos realizados. Elaboración propia.	32
Figura. 3.2 Dispositivo GPS utilizado. Fuente: Elaboración propia.	37
Figura. 3.3 Ejemplo de mapa de ruta generado en <i>Google earth</i> . Fuente: Elaboración propia.	37
Figura. 4.1 Vehículos con características similares a los empleados por la empresa A) Ford F-250 B) Nissan NP300. Fuente: https://autos.mitula.mx , https://fibradevidriouno.com	42
Figura. 4.2 Distancias entre clientes prioritarios. Fuente: Elaboración propia con mapa base de <i>Google maps</i>	43
Figura. 4.3 Vehículo transitando sobre las mismas vialidades en diferentes horas del día. Fuente: Elaboración propia con mapa base de <i>Google maps</i>	43
Figura. 4.4 Vehículo transitando sobre las mismas vialidades en diferentes horas del día. Fuente: Elaboración propia con mapa base de <i>Google maps</i>	44
Figura. 4.5 Vehículo transitando sobre las mismas vialidades en diferentes horas del día. Fuente: Elaboración propia con mapa base de <i>Google maps</i>	44
Figura. 4.6 Ejemplo de comparativo entre ruta generada con datos reales y ruta generada tomando en cuenta la menor distancia posible entre clientes. Fuente: Elaboración propia.	52
Figura. 4.7 Vehículos con características similares a los empleados por la empresa A) Peugeot Partner B) Renault Kangoo. Fuente: https://auto.mercadolibre.com.mx	55
Figura. 4.8 Ejemplo de división en zonas para la realización de las rutas (Ruta 2). Fuente: Elaboración propia.	57

Figura. 4.9 Vehículo saliendo de base para realizar entrega de producto durante el recorrido de la ruta 3. Fuente: Elaboración propia	58
Figura. 4.10 Vehículo regresando a base para realizar recarga de producto durante el recorrido de la ruta 3. Fuente: Elaboración propia.....	58
Figura. 4.11 Distancia que recorre el vehículo desde locación particular a localización de las oficinas de la empresa durante la ruta 2. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura. 4.12 Comparación entre ruta generada con datos reales y ruta minimizando la distancia entre clientes. Fuente: Elaboración propia.	64
Figura. 7.1 Formato utilizado para presentación a empresas. Fuente: Elaboración propia.	78
Figura. 7.2 Mapa de comparación entre ruta real y alterna ("Hielo San-her" Ford-F250): Fuente Elaboración propia.....	80
Figura. 7.3 Mapa de comparación entre ruta real y alterna ("Hielo San-her" Nissan Np300): Fuente Elaboración propia.....	80
Figura. 7.4 Mapa de comparación entre ruta real y alterna ("Witts agua alcalina" Peugeot Partner): Fuente Elaboración propia.	81
Figura. 7.5 Mapa de comparación entre ruta real y alterna ("Witts agua alcalina" Renault Kangoo): Fuente Elaboración propia.....	81

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 4.1 Ejemplo de comparación entre costo de entrega y utilidad durante el recorrido de la ruta 1 empresa 1. Fuente: Elaboración propia..... 67

Gráfica 4.2 Ejemplo de comparación entre utilidades entre rutas reales y alternas en de la empresa 1. Fuente: Elaboración propia..... 68

Dirección General de Bibliotecas UHQ

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del transporte de carga en ciudades y de la logística puede abordarse desde diversas perspectivas: Una de ellas es de tipo macroeconómico, la cual refiere a las intervenciones de los poderes públicos en el marco del ordenamiento de la ciudad y del interés colectivo, ésto se ve reflejado en las condiciones de tráfico, impacto al medio ambiente y productividad de la ciudad. Otra perspectiva se refiere a las soluciones que adoptan las propias empresas desde una visión microeconómica, en la cual tienen a su alcance una serie de opciones tecnológicas y de gestión para el logro de sus actividades, en el marco de restricciones económicas o de tipo urbano. Por ello, en un primer tiempo se explica la importancia del transporte de carga para las ciudades y los problemas que generan, y en una segunda instancia se plantea que mediante soluciones tecnológicas (como las que involucran el uso de dispositivos de rastreo satelital) las empresas pueden mejorar su operación logística.

1.1 Perspectiva macroeconómica

En las últimas décadas, a partir de los años 1980, el Área Metropolitana de Querétaro¹ ha experimentado un crecimiento considerable de la población y en consecuencia del tráfico vehicular, ante lo cual los municipios que la componen han implementado una serie de medidas de movilidad alterna al uso del automóvil, como el caso del uso de bicicletas compartidas o la modernización de los sistemas de transporte urbano. Habiendo mencionado lo anterior, y de acuerdo con las afirmaciones de Crainic *et al.* (2004), aún no se ha podido evitar el congestionamiento de las vialidades en áreas urbanas ya que las soluciones se enfocan principalmente a la problemática de los vehículos particulares o de transporte público. En ese sentido, Dablanc (2007) menciona que aproximadamente un cuarto del volumen existente en una vialidad urbana normal es ocupado por los vehículos de transporte de carga, los cuales, debido a su forma de operar en cuanto

¹ Compuesta por los municipios de Santiago de Querétaro, Corregidora, Huimilpan y El Marqués

a pesos y dimensiones, presentan una problemática diferente a la del transporte de personas referente a su incidencia sobre las condiciones de tráfico, y por lo general no se presentan soluciones debidamente planeadas para reducir sus manifestaciones negativas.

Con el crecimiento económico de las ciudades las flotas de camiones de carga se incrementan de manera considerable. Datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) muestran que para el año 2017, se tienen registrados en el estado de Querétaro 131,846 vehículos dedicados al transporte de carga, de los cuales 76,421 se encuentran en la zona metropolitana, dentro de los que se incluye al servicio privado, público y oficial. Los vehículos de reparto circulan de forma predominante en las zonas urbanas, y por lo que respecta a los vehículos de carga de mayor tamaño, como lo indica Betanzo *et al.* (2012) transitan en su mayor parte por carreteras, sin embargo, en algún punto de su recorrido estos últimos tendrán que transitar por una zona urbana ya sea para recoger o descargar mercancía o simplemente para realizar una conexión con otro punto, afectando las condiciones de circulación de la ciudad.

Shankar *et al.* (2018) mencionan que los camiones de carga son la pieza clave para las cadenas de distribución en las empresas ya que son los encargados de mover en las cantidades adecuadas los bienes primarios, inventarios o productos terminados del origen al destino deseado. Autores como Bakhtyar y Holmgren (2015) señalan que el transporte de carga contribuye a una sociedad de manera positiva (al ayudar al crecimiento económico) pero también lo afecta de manera negativa al generarse contaminación, congestionamiento de las vías de circulación y accidentes de tráfico, por lo que se deben realizar cambios tanto en las políticas públicas de transporte como en la infraestructura empleada por los vehículos. Sin embargo, estos cambios no se deben realizar sin antes obtener información pertinente del sistema actual para entender el tipo de problema a resolver, así como sus posibles soluciones.

De igual manera y de acuerdo con lo estudiado por Yanhog y Xiaofa (2013,) una de las problemáticas en las ciudades sobre las cuales no se toman muchas acciones es la poca o inadecuada regulación y control ejercidos sobre los camiones de carga, los cuales se dedican al transporte de mercancía entre diferentes puntos de la ciudad. Los ingenieros de tráfico y los planeadores urbanos se centran en la planificación de sistemas para movilizar personas y dejan de lado los vehículos de carga, lo cual hace que el sistema de transporte en ciudades funcione de manera parcial y con conflictos entre los distintos usuarios.

Otra problemática de los vehículos de transporte es generada por sus pesos y dimensiones, ya que al momento de interactuar en un entorno urbano generan conflictos con los demás miembros que conforman el tráfico de las ciudades. Por ejemplo, Castillo-Manzano *et al.* (2016) mencionan que existen dos factores que influyen en la accidentabilidad de los vehículos de carga, los referentes a los choferes (tales como edad, estrés y cansancio) y las características del vehículo (peso, dimensiones, estado mecánico, etc.). Sobre la misma línea, en la publicación de Pokorny *et al.* (2017) se habla de cómo un vehículo de carga genera accidentes más severos en comparación con otro tipo de vehículos ya que debido a su masa se genera un mayor momento lineal viajando a velocidades similares a otros vehículos, por lo que al momento de ocurrir algún accidente/incidente las consecuencias son más severas.

La Acción Europea de Coordinación “Best Urban Freight Solutions” (BESTUFS, 2007) menciona la importancia del transporte urbano de mercancía con los siguientes puntos:

- El transporte de mercancía está directamente relacionado con la economía al dar servicio a las industrias y comercios.
- Es una fuente creadora de empleos.
- Un transporte eficiente mejora la competitividad de la zona.
- Es fundamental para mantener la forma de vida de las personas.

De igual manera BESTUFS (2007) menciona que el transporte de mercancía genera impactos negativos tanto de ámbitos económicos como sociales, entre los cuales se encuentran:

- Los económicos: Producidos por la ineficiencia en la logística del transporte que se traduce en consumo de recursos.
- Los ambientales: Debido a que el transporte se realiza por vehículos se producen gases de efecto invernadero, consumo de combustibles y consumibles derivados del petróleo y desechos generados por mantenimientos preventivos y correctivos de los vehículos.
- Los sociales: Se generan como consecuencia de la interacción de los vehículos de carga con la ciudad, ya que además de producir contaminación ambiental (emisiones de gases y ruido) el circular durante mayor tiempo se aumenta la probabilidad de tener un accidente de tráfico.

En el caso de México, el manejo del tránsito y el transporte están bajo el control de los gobiernos municipales, por lo que cada entidad tiene la autonomía para idear soluciones o manejarlos como lo crea conveniente (Toral y Betanzo, 2017). Las autoridades locales pueden imponer reglamentos para evitar que los vehículos de carga transiten zonas que se puedan considerar inadecuadas o que generen conflicto con los demás sectores del tránsito. Las reglamentaciones impuestas por el gobierno pueden tener una implementación más costosa y complicada si se realizan de manera inadecuada. De acuerdo con Gatta y Marcucci (2016) existen un gran número de empresas dedicadas al transporte con rubros totalmente diferentes, lo representan un problema para los gobiernos al momento de buscar regulaciones para este tipo de transporte ya que para que puedan funcionar deben ser aceptadas social, económica y ambientalmente, y sobre todo que puedan ser adaptadas por la mayoría de las empresas, por lo que la implementación de una medida que abarque a todas las partes puede tener efectos contraproducentes.

1.2 Perspectiva microeconómica

Bajo esta perspectiva, en este caso de carácter logístico, el objetivo de las empresas es entregar y/o recibir las mercancías en las mejores condiciones de costo, tiempo y nivel de servicio.

Según Gudeira *et al.* (2015) el transporte de bienes dentro de una ciudad se debe considerar como un sistema complejo de logística ya que es esencial para la vitalidad de una ciudad, sin embargo, existen muchos obstáculos en su correcto funcionamiento. De igual manera, Ros-McDonnell *et al.* (2018) mencionan que el poder abastecer los negocios existentes en áreas urbanas representa un reto para la logística de las empresas de distribución ya que este tipo de actividades se realiza en diferentes lugares y establecimientos además de que se manejan diferente tipo de productos, por lo que en algunas ocasiones se encuentran en un mismo lugar diferentes tipos de vehículos de carga abasteciendo a diferentes clientes.

Uno de los beneficios de que la carga se mueva por autotransporte, es que se pueden tener los productos al alcance cuando el consumidor lo demande ya que el transporte de carga tiene la flexibilidad para llegar a diferentes puntos de las ciudades. En el caso de México, el transporte de carga se puede realizar por diferentes medios (camión, ferrocarril, barco o avión) sin embargo para poder llegar a un centro de distribución o a los clientes la carga se debe mover por una infraestructura vial ya sea municipal, estatal o federal. Viéndolo de una perspectiva económica, Engström (2016) menciona las ventajas y desventajas de mover la carga mediante un vehículo automotor, entre las cuales se pueden destacar las siguientes.

Ventajas

- Iniciar en el transportar la carga no supone mayor problema, el costo de inversión para poder conseguir un vehículo es relativamente bajo y en algunos casos algunas empresas serán capaces de armar flotillas de vehículos para expandir su cobertura.

- Los vehículos tienen la capacidad de poder distribuirse por las ciudades y poder cubrir las necesidades en diferentes puntos.
- Pueden transportar volúmenes bajos al no cargarlo al 100% de su capacidad y mover volúmenes altos al incrementar el número de vehículos o viajes realizados.

Desventajas.

- Generadores de contaminación y aumento de la probabilidad de sufrir accidentes viales.
- Congestión vial, lo que a su vez genera el retraso de la llegada de los servicios o productos.
- El transitar por una vía con características deficientes o a la cual no se le dé el mantenimiento adecuado genera un incremento en los costos operativos.
- Los costos de mover cargas voluminosas a distancias largas son muy altos.

Para definir las estrategias logísticas a emplear se deberán de tener en cuenta las ubicaciones de los clientes y los proveedores, contar con un programa de transporte en el cual las empresas deberán de tener los datos del stock existente en sus bodegas, stock restante del cliente y la frecuencia y tamaño de los envíos (Bolis y Maggi, 2003).

En el marco de referencia se exponen los aspectos teóricos relacionados con la planeación y gestión de rutas de distribución, y con experiencias derivadas de la aplicación de tecnologías de rastreo satelital.

1.3 Descripción del problema

Una latente problemática en las ciudades con crecimiento económico como lo es Santiago de Querétaro es la generación de tráfico provocada por las personas que llegan a la zona. Con la llegada de más familias a la ciudad se genera un

incremento de los vehículos que transitan por las vialidades de las mismas ya que, además de los vehículos que pueden ser comprados dentro del área o de los traídos por las mismas familias (Tong y Qiu, 2020), la necesidad de abastecer productos y servicios al creciente número de habitantes genera un incremento de vehículos de carga que cumplen con dicha función.

De igual manera, debido a sus pesos y dimensiones, los vehículos de carga pueden ser generadores de accidentes, especialmente al momento de realizar sus actividades de carga y descarga, ya que reducen su velocidad hasta el punto de detenerse, lo que genera interrupción en el flujo de las vialidades.

Aunado a esto, los vehículos de carga son generadores de contaminación debido a los gases generados por la combustión del diésel, por lo que el mantener una flotilla en movimiento por la ciudad sin haber realizado un análisis sobre la factibilidad y eficiencia de la ruta a transitar genera problemas ambientales para la sociedad y económicos para la empresa de transporte.

La suma de los factores anteriormente mencionados genera grandes costos tanto para los gobiernos como para las empresas, no solo económicamente hablando.

Por lo que, en la presente investigación se pretende utilizar dispositivos GPS para analizar las rutas empleadas por vehículos de transporte de carga seleccionados, para analizar su comportamiento y poder encontrar parámetros de operación que reflejen las deficiencias en las rutas y así reducir el tiempo que duran los vehículos circulando por las vialidades de la ciudad aminorando los efectos negativos producidos por el movimiento de los vehículos.

1.4 Objetivo

Medir variables de desempeño logístico para estudiar la manera en que se realizan las operaciones de distribución de mercancías en flotas de camiones de carga de un número de empresas privadas, mediante la instrumentación con dispositivos de rastreo satelital, (GPS). Se podrá determinar el comportamiento real de los camiones y su interacción con el entorno de la ciudad y proponer mejoras en las rutas escogidas por las empresas y recomendaciones para la planeación del sistema de transporte.

1.5 Hipótesis

Con la instrumentación y monitoreo de vehículos de carga mediante el uso de GPS y analizando las rutas por las que transitan se podrán hacer ajustes operativos para obtener mejoras en los parámetros de desempeño logístico de las empresas estudiadas, logrando así, una reducción en los tiempos muertos y costos de combustible para las empresas, al encontrar las deficiencias producidas por la mala ejecución en su planeación, lo que permitirá realizar sus actividades económicas teniendo un mejor control sobre las mismas al igual que reducir el tiempo que estos vehículos se encuentran en la vía y reducir los costos de operación generados por su tránsito diario.

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se mencionarán algunos puntos para conocer más a fondo las problemáticas del transporte de carga, así como las soluciones propuestas a los problemas de ruteo y como la implementación de tecnologías GPS y localización vehicular puede asistir a la disminución de las problemáticas generadas.

2.1 Problemas generados por el transporte de carga

Hoy en día existen grandes niveles de urbanización, en el caso mexicano se demuestra con el incremento poblacional. De acuerdo con la encuesta intercensal del año 2015 realizada por el INEGI, en México habitamos alrededor de 119.50 millones de personas (en el año 2010 se contaron 112.3 millones de habitantes). El incremento poblacional genera que las ciudades crezcan de igual manera y las tierras que antes eran usadas para otros servicios son empleadas para la construcción de viviendas, lo que a su vez conlleva al incremento en la cantidad de vehículos de carga ya que se tiene que cubrir las necesidades de las ciudades en expansión, sin embargo, la población tiene bajo concepto que los vehículos de carga son generadores de contaminación, ruido y tráfico, por lo que resulta complicado realizar la logística urbana al existir conflictos entre los comerciantes y la población en general o grupos ambientalistas. (BESTUFS, 2007)

2.2 Problemáticas de la distribución de carga en ciudades

Ros-MacDonnell *et al.* (2018) observaron la logística urbana de la ciudad de Cartagena, poniendo especial atención al tráfico que se genera por el contorno urbano para poder analizar y mejorar la logística de los vehículos de carga que circulan sobre las rutas definidas de la ciudad. Descubrieron que en una ciudad como Cartagena (Colombia), que tiene una alta concentración de negocios, turismo y actividades económicas diversas concentradas en una zona pequeña se presentan los siguientes problemas para el transporte de bienes.

- Existe un acceso pobre para la entrada a la ciudad, ya que no existe la señalización suficiente.
- No existe relación entre el tiempo en el que se pueden entregar los bienes y el horario de apertura y cierre de negocios y bodegas.
- Acaparamiento de los espacios designados para la carga/ descarga de bienes, por vehículos privados que los emplean de estacionamiento.
- Un incremento en el número de peatones.

En su estudio observaron que existe una relación entre la concentración de peatones y el número de vehículos de carga que transitan por el lugar, de igual manera, el 50% de los vehículos de carga que entraron a su zona de estudio eran camionetas tipo “Van” y el otro 50% consistía en camiones, de los cuales, la distribución de bienes que se realiza en vehículos pequeños se requiere que el vehículo permanezca estacionado menores cantidades de tiempo. Concluyeron que, realizar una reestructuración de las áreas restringidas para los vehículos de carga, designar estacionamientos especiales para este tipo de vehículos, con una distancia no mayor a 200 metros de una zona comercial y la creación de centros de distribución urbanos, son las soluciones más factibles para este tipo de problemas.

De igual manera Swamy y Baindur (2014) analizaron el movimiento de carga en la ciudad de Ahmedabad en La India, la cual es considerada como una ciudad en expansión ya que en los últimos años ha recibido un gran número de industrias como textiles y petroleras que han ocasionado un incremento en el transporte de bienes alrededor de la ciudad, la ciudad cuenta con dos secciones, una donde se encuentran los distritos modernos con fábricas y escuelas y la otra es la parte antigua de la ciudad.

Se determinó que la problemática existente al transportar bienes en la ciudad de Ahmedabad fueron los siguientes:

- Tiempos de espera largos para poder realizar las descargas o cargas de bienes, causando congestión de tráfico. Dicha problemática se genera debido a que el movimiento de mercancías alcanza su punto máximo al mismo horario en el cual se alcanza la hora pico del tráfico de vehículos personales o públicos. De igual manera, la descarga y carga de bienes se realiza durante este lapso.
- Falta de espacios de estacionamiento en las zonas generadoras de cargas: La mayoría de las empresas generadoras y receptoras de carga (con excepción de aquellas que son muy grandes) carecen de un área designada para la carga/descarga de los productos, y, teniendo en cuenta que muchos negocios están en cercanía con los otros, ocasiona que las actividades de carga/descarga se expanda de vías conectoras a alimentadoras, generando interrupciones en el tráfico local.

Para poder evitar el congestionamiento dentro de la parte vieja de Ahmedabad, la cual no fue diseñada para el transporte de vehículos, se recomienda evitar la entrada de vehículos de carga a la misma, además se propone que vehículos no motorizados como bicicletas realicen ese trabajo, por otra parte, la creación de centros o nodos de carga/descarga fuera del centro donde los vehículos no motorizados puedan reabastecerse.

Akyol y De koster (2018) mencionan en su investigación que cuando se determina un horario adecuado para que los vehículos de transporte realicen sus actividades se debe tomar en cuenta los horarios de apertura y cierre de los establecimientos y las horas con mayor afluencia de clientes, ya que la finalidad de imponer horarios restrictivos al transporte de carga es evitar la interacción con los peatones y vehículos particulares los cuales generalmente realizan sus compras entre las 11:00 – 20:00 hrs, sin embargo, los gobiernos de las ciudades determinan sus propios horarios restrictivos para este tipo de vehículos, y en la mayoría de los casos se copian los modelos entre ciudades sin importar las características individuales de las mismas. Por lo que determinaron el tiempo indicado para realizar

las actividades de transporte por dos métodos, analizar las restricciones propuestas por el gobierno o dejar a los transportistas violar las normas de horario al pagar una pequeña multa. Los resultados fueron mejores al dejar a los transportistas moverse sin el horario definido ya que tienen una mayor ventana de tiempo para dejar sus mercancías y pueden evitar interferir con horas pico de la ciudad.

Comprender los problemas presentados en las ciudades con características similares a Santiago de Querétaro ó cualquier otra ciudad en desarrollo es importante ya nos ayuda desarrollar técnicas que nos permitan reducir o mitigar los problemas de movilidad generados por el transporte de carga en las ciudades.

2.3 Métodos de ruteo

Se puede definir una ruta ideal como aquella que conecta un punto de origen y uno de destino con el menor costo posible (tiempo o distancia). Sin embargo, para los vehículos de transporte de carga, que tienen el trabajo de entregar a distintos puntos en diferentes partes, la aplicación de una ruta ideal resulta difícil en la práctica ya que la ruta óptima no siempre resulta ser la que se emplea al momento de entregar la mercancía. Lo anterior se debe a que existen diversos factores (como la congestión de tráfico en ciertas horas, incompatibilidad con los clientes para mover horario de entregas, restricciones en el horario de carga y descarga entre otras) que moldean la concepción de una ruta provocando que la misma no sea diseñada tomando en cuenta parámetros logísticos, sino para poder abastecer a los clientes prioritarios sin importar las distancias entre ellos o el tiempo en tráfico que tome cumplir la ruta basándose en ese método. Refiriéndose a lo anterior Ratliff y Nulty (1996) dividen las rutas de transporte en fijas o maestras y dinámicas, la diferencia entre ellas radica en que las rutas fijas son suministradas en un periodo fijo de tiempo con poca consideración a la demanda del cliente, esto permite que los choferes puedan familiarizarse con el camino y los clientes y a su vez son más fáciles de administrar, en contraste, las rutas dinámicas se basan enteramente en la demanda de los clientes e inclusive pueden ser modificadas en tiempo real.

Para poder determinar el mejor tipo de ruta, diferentes autores tales como Shao *et al.* (2017) y Cordeau *et al.* (2001) mencionan el concepto Vehicle Routing Problem (Problema del Ruteo Vehicular, VRP por sus siglas en inglés) el cual se basa en diseñar una ruta óptima para una serie de vehículos con características idénticas, los cuales parten de una base específica y deberán surtir de mercancía a clientes con demandas conocidas tomando en cuenta la capacidad de carga de los vehículos. Otra variante de la problemática es cuando existen vehículos disponibles en la flotilla con diferente capacidad, generando diferentes costos de distribución. Para analizar la problemática de ruteo surgió el VRP, el cual es uno de los problemas de optimización y combinación referente al transporte de carga para su solución (Golden *et al.* 2008). Diferentes algoritmos matemáticos se han presentado para poder dar con la solución óptima de distribución, sin embargo, ningún matemático que pueda satisfacer correctamente todas las variables.

En sus aspectos prácticos, Toth y Vigo (2014) mencionan la existencia de programas de *software* que tienen implementados diversos modelos matemáticos, los cuales pueden ser empleados para aplicaciones reales. El uso de dichos programas ha demostrado ser de gran ayuda para la solución del VRP, ya que de ser utilizados e implementados de manera correcta al momento de diseñar y poner en acción las rutas pueden generar ahorros en los costos totales generados por el transporte, además de tener la capacidad de generar diferentes escenarios en los cuales los planeadores podrán evaluar para determinar cuál es la que ofrece un mejor costo beneficio para la empresa.

2.4 Localización de vehículos mediante dispositivos de rastreo satelital

La tecnología referente al rastreo vehicular se encuentra en uso desde hace tiempo, a finales del siglo pasado comenzaron los primeros indicios del rastreo de vehículos civiles, Brown y Sturza (1995) diseñaron un dispositivo GPS el cual, mediante la triangulación de los satélites ya permitía conocer los parámetros de distancia y velocidad de las unidades, aunque tenía que ser procesada en una computadora y corregir algunas variables manualmente para poder ser más preciso.

En la publicación de Laranjeiro *et al.* (2019) se habla de cómo el empleo de tecnología GPS puede generar información pertinente sobre el movimiento de vehículos de transporte en las ciudades en vías de desarrollo, sin embargo, en muchos casos el empleo de este tipo de dispositivos es sólo con motivo de seguridad, muchas empresas o particulares a nivel global emplean este tipo de equipos para poder tener un control sobre sus vehículos o flotillas en el caso de que llegase a ocurrir un robo de las mismas, ya que puede ser rastreada con facilidad. En México, el uso de esta técnica de monitoreo vehicular es frecuentemente utilizada por las empresas, ya que debido a la situación de seguridad actual del país existe una alta incidencia de robos en carretera, lo que genera pérdidas económicas, retrasos en los tiempos de abastecimiento y en general una reducción de la competitividad logística del país (de la Torre *et al.* 2015).

Algunos investigadores como Fleischer *et al.* (2012) al analizar el número de accidentes y robos a mano armada de vehículos ocurridos dentro de la ciudad de Ghana, se dieron a la tarea de diseñar y desarrollar un sistema de posicionamiento GPS/GSM (Global System for Mobile Communications). Mediante el uso de un software, el sistema señala en un mapa la ubicación en tiempo real de los vehículos, además de que puede mandar una señal al sistema o por medio de SMS (Short Message Service) para alertar de algún percance ocurrido en el trayecto (robo o accidente vial).

La facilidad de tener los datos al momento que se generan ha dado pie a la creación de empresas las cuales ofrecen diferentes productos que facilitan el rastreo de vehículos mediante la instalación de dispositivos GPS que permiten enviar información en tiempo real (ya sea a un teléfono celular mediante una aplicación o a una computadora) sobre el comportamiento de la unidad en el tráfico, tiempo que la unidad está detenida, hora de encendido y apagado de motor, consumo de combustible, tiempos de recorrido, etc. La nueva etapa del rastreo va enfocada en la comunicación en tiempo real, Mundinger y Waibel (2016) señalan que actualmente al momento de que un vehículo se encuentra en el camino existen

muchas alternativas sobre las rutas que pueden tomar, pero de igual manera existe una dificultad al momento de obtener información sobre ellas e inclusive cuando se llegase a obtener información son pocas las alternativas que llegan a considerarse al momento de la modificación de las rutas.

Es importante destacar que la problemática actual que motiva el uso del rastreo satelital no sólo es poder determinar la posición del vehículo, sino poder manejar esa información y anticiparse a las condiciones adversas de tráfico y accidentes, las empresas deberán tener un contacto permanente con sus operadores para que desde la base se puedan realizar los ajustes en las rutas que permitan un óptimo desempeño de las mismas, reduciendo el tiempo que el vehículo se encuentra en operación, lo que genera menos gastos, menos contaminación y tráfico, para esto es necesaria la implementación de rutas dinámicas, en las que los clientes puedan o estén dispuestos a modificar los tiempos en las que reciben la mercancía si algún problema en el camino llegase a surgir y sea necesaria la modificación de la hora de entrega y así no interrumpir el flujo de los vehículos.

2.5 Ruteo mediante GPS

Como ya se mencionó anteriormente, la implementación de dispositivos GPS en vehículos de transporte de carga es algo común en la actualidad. Por ejemplo, en el caso de una red nacional, Hess *et al.* (2015) estudiaron diferentes escenarios usando dispositivos GPS para poder obtener información acerca de las rutas seleccionadas por los vehículos de transporte pesado de carga en toda la red carretera de Inglaterra. Una de las recomendaciones dadas en el trabajo fue utilizar los datos “crudos” y evitar la pérdida de datos que pueden resultar relevantes ya que, la información generada por el GPS ya había sido depurada antes de ser analizada para el estudio, por lo que, se menciona que al trabajar con información depurada se observan viajes en los cuales el motor del vehículo se apagó o encendió, lo que no necesariamente significa que la carga llegó a su destino o que se pretende recogerla, si no que pudo haber una parada para cargar combustible o

descansar, por lo que es necesario combinar diferentes segmentos de viajes que forman parte del mismo destino.

Sin embargo, el empleo de esta tecnología para ayudar a crear o mejorar las rutas de distribución de las empresas a nivel urbano es algo que aún no se implementa de manera común. Aun así, diferentes estudios se han centrado en mejorar la logística de distribución mediante el uso de GPS. Por ejemplo, Castanedo *et al.* (2015) utilizaron la plataforma de simulación para el desarrollo de soluciones innovadoras en el transporte de mercancías a través de carreteras de alta capacidad (*Innotransmer*), que genera la ruta más eficiente conforme al consumo-costo por tonelada transportada de los vehículos de carga, la cual obtiene distancias y velocidades promedio de la ruta mediante el programa *Google Maps*. Sus resultados mostraron que el uso de la plataforma es factible para que las empresas puedan elegir la ruta óptima para poder ahorrar en costos de transporte y con ello evitar la excesiva emisión de gases contaminantes.

Por su parte, para poder crear un modelo de ruteo y para identificar qué tipo de vehículo es el óptimo para el tipo de carga a distribuir, Bakhtyar y Holmgren (2015) crearon un método de estimación utilizando análisis históricos de datos sobre el recorrido y la carga de un vehículo en particular instrumentado con GPS. Durante un mes se analizaron los datos de envío de mercancía y se compararon con la hoja de ruta proporcionada a los operadores con la finalidad de poder relacionar el tipo de carga distribuida y el lugar al que llegaba. Encontraron que es posible estimar el tipo de vehículo a utilizar en cuestión de la carga a entregar siempre y cuando existan los suficientes datos históricos para poder realizar el análisis de las rutas. Sin embargo, es necesario obtener más información de campo para poderlo validar de manera eficiente y el valor de la posición de los vehículos es utilizada para la obtención de la ruta mediante la utilización de modelos de estimación.

Oka *et al.* (2017) predijeron los patrones de viaje de los vehículos de carga dentro del área metropolitana de la ciudad de Tokyo, realizando una combinación de dispositivos GPS y un modelo de ruteo para aplicaciones de gran escala. Demostraron que los patrones de viaje de los vehículos tienden a cambiar dependiendo del tipo de vehículo, la carga contenida, lugar de carga y descarga. De igual manera, desarrollaron un modelo de ruteo que puede ser utilizado con los datos de GPS para poder realizar un análisis de las rutas transitadas y mediante la simulación de diferentes escenarios. Encontraron que la construcción de tres anillos periféricos contribuiría en disminuir el tráfico a diferencia de una extensión a los carriles especiales para vehículos pesados, los cuales tendrían pocos beneficios.

Yanhog y Xiaofa (2013) realizaron estudios para demostrar la fiabilidad de los dispositivos GPS en el análisis de las características espacio-temporales de los recorridos de vehículos de carga, así como el flujo en los corredores e información del comportamiento del tráfico. Para su realización se empató la información recibida en tiempo real con los mapas de la plataforma *Google Earth*, con los cuales pudieron comprobar que el análisis de la operación de vehículos de carga mediante el método implementado puede proveer información detallada para la planeación de sistemas de transporte.

En el contexto de la ciudad de Querétaro, Betanzo *et al.* (2015) realizaron estudios para analizar las rutas de los camiones que se dedican a la recolección de residuos sólidos urbanos, los cuales fueron instrumentados con dispositivos GPS portátiles. Se optó por el empleo de dicho dispositivo portátil ya que las ventajas superan a las desventajas en este tipo de investigaciones al poder usar los dispositivos en todos los vehículos monitoreados sin necesidad de instalación al sistema electrónico de las unidades. Para el análisis metodológico de las rutas se empleó el manual de la SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) en el cual se toma en cuenta la producción diaria per-cápita de residuos sólidos urbanos. En dicha investigación se demostró que la instrumentación de los vehículos con dichos dispositivos aunado a un adecuado procesamiento de datos resulta en un sistema

de análisis de las rutas confiable, ya que se pueden determinar las variaciones entre las rutas planeadas y su ejecución real.

La presente investigación permitirá contrastar diferentes principios teóricos con la práctica de las empresas en los casos estudiados.

Definiciones empleadas en esta investigación:

- Costo logístico de la ruta. - Por costo logístico de la ruta se entiende como la suma de todos los costos asociados a la fabricación del producto y su distribución (Orjuela-Castro *et al*, 2016).
- Costo de transporte. – Costos generados por el uso y mantenimiento de vehículos para transporte de carga (Orjuela-Castro *et al*, 2016).
- Costo de entrega. – Costos generados por llevar el producto desde el punto de distribución al cliente.
- Precio de venta (referido a los dos casos). - Precio de venta en las empresas.
Costo de producción (referido a los dos casos). - Costo de producción del producto.

3. METODOLOGÍA

3.1 Aspectos generales

Primeramente, se realizó una revisión del estado del arte sobre los problemas relacionados con la logística de las empresas, así como las problemáticas que enfrentan y las tecnologías aplicadas para la solución de los mismos, entre otras cosas.

Para la etapa experimental, se decidió instalar dispositivos GPS en vehículos de transporte de carga, específicamente de empresas dedicadas a la distribución de bienes de consumo no duradero. El área de estudio se restringió dentro del municipio de Santiago de Querétaro. La finalidad consiste en medir parámetros logísticos de desempeño de las unidades y proporcionar una retroalimentación a las empresas que permitieron realizar la investigación.

La idea de enfocar la investigación en las empresas que manejan bienes de consumo no duradero se debió a que estos tienen patrones de reabastecimiento recurrente a los abastecimientos (Betanzo, 2015) debido a las necesidades de la población, ya que la presencia del tipo de vehículos de carga que los transporta puede ser representativa en el tráfico urbano. En efecto, los bienes de consumo no duradero deben ser reabastecidos de manera regular a un gran número de lugares y en algunos casos realizando viajes diarios a los mismos puntos de venta, por lo que la información generada por los dispositivos GPS puede ser empleada por cualquiera que siga un modelo de entrega y distribución similar al empleado por dichas empresas.

Para la realización de la investigación, se privilegió un método basado en estudios de caso, ya que de otra forma, al realizar una investigación extensiva en donde se tome en cuenta el universo de empresas pertenecientes al rubro de consumo no duradero y determinar estadísticamente un número de empresas considerado representativo para la realización del estudio, se corría la posibilidad de no cumplir con el número necesario debido a que algunas empresas podrían

negarse a la realización del estudio, además de que por motivos de tiempo y materiales disponibles para la realización de la investigación, resultó inviable la realización de esa técnica.

Autores como Bassok, *et al.* (2011), Adams *et al* (2012) Thomson y Hassall (2014) optan por el uso de estudios de caso para sus investigaciones ya que es una forma rápida de obtener la información necesaria para la realización de los estudios, además de que resulta beneficioso al no tener la necesidad de analizar una gran base de datos.

Por otra parte, en los estudios de caso solo se contaría con un número reducido de estudios, siendo estadísticamente menos significativo debido a la cantidad de casos analizados, resulta óptima realizar las observaciones logísticas pertinentes a las empresas que estén de acuerdo con la realización del estudio.

Por lo anteriormente mencionado, se optó por realizar la investigación bajo los siguientes lineamientos:

- Invitar a varias empresas ubicadas en la ciudad a participar en el proyecto.
- Trabajar de manera conjunta con las empresas que accedan a participar en la investigación para diseñar una estrategia que permita monitorear sus vehículos de tal manera que la instalación y recuperación de los dispositivos no interfiriera las con actividades regulares de las mismas.
- Solicitar datos de operación de las empresas, tales como tamaño de la flotilla, tipo de vehículos integrados en la flotilla, gasto de combustible, realización de mantenimientos preventivos o correctivos, entre otros, con la finalidad de realizar estimaciones de desempeño de las empresas.
- En caso de que las empresas cuenten con mapas de las rutas de los vehículos, solicitarlos para realizar un análisis comparativo entre la realidad y lo estimado por ellos, de caso contrario, entregar los mapas de las rutas generadas por los dispositivos.

3.2 Etapa experimental

La siguiente etapa consistió en diseñar la mecánica para la instrumentación con GPS a los vehículos con la finalidad de obtener la información necesaria y realizar los análisis necesarios para la investigación, entre otras cosas (Ver Figura 3.1).

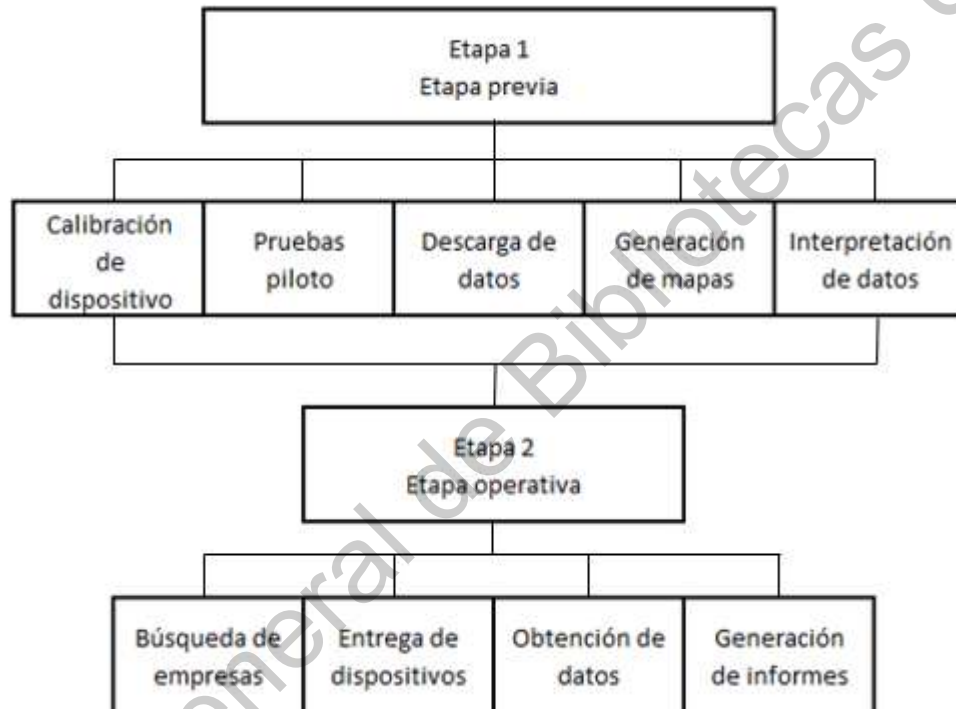


Figura. 3.1. Secuencia de los trabajos realizados. Elaboración propia.

3.2.1 Etapa 1: Etapa previa

La primera etapa consiste en ver las cualidades de los dispositivos tales como la capacidad de almacenaje, duración de la batería en uso prolongado, ambiente operativo del GPS, descarga y generación de datos y forma de utilización del dispositivo. Se explican los siguientes puntos.

- 1) Calibración del dispositivo. – Consiste en calibrar el reloj interno de los dispositivos para que así los resultados puedan ser vistos de manera correcta, así como configurar y activar las tarjetas *Subscriber Identity Module* (SIM por sus siglas en inglés).
- 2) Pruebas piloto. – Se deben realizar una serie de pruebas con los dispositivos para poder determinar la cantidad de datos que pueden ser almacenados en los dispositivos, así como la cantidad de horas que pueden trabajar de manera continua y el lugar adecuado para ser instalados dentro de la cabina de los vehículos. El tablero del vehículo es donde se recibe la mejor calidad en la señal del GPS, mientras que la batería puede trabajar continuamente por 72 horas, sin embargo, se debe cargar la batería cada vez que el dispositivo es recuperado como una medida de precaución.
- 3) Descarga de datos. – Mediante el uso de la página web del proveedor de los dispositivos GPS, se debe descargar la información recabada por los dispositivos después de la finalización de la jornada laboral para evitar el empate de información de diferentes días y así dejar los dispositivos listos para realizar el siguiente recorrido.
- 4) Generación de mapas. – Con la información obtenida por los dispositivos se visualiza la ruta utilizada por los vehículos mediante un archivo .KML (compatible con el *software Google Earth*), el cual puede ser generado por la página web fabricante de los dispositivos.
- 5) Interpretación de datos. – Debido a la falta de mapas de rutas que pudieran ser proporcionados por las empresas, para el análisis de datos solo se contó con los generados por el estudio, en los cuales se pueden utilizar herramientas para determinar las deficiencias logísticas de las empresas.

3.2.2 Etapa 2: Etapa operativa

- 1) Búsqueda de empresas. – Consiste en realizar una visita personal con empresas que transportaran bienes de consumo no duradero independientemente si cuentan con flotilla propia o son subcontratadas por otra empresa, se entabla comunicación con el personal pertinente para informarles del proyecto, su metodología y los resultados que se esperaban obtener mediante su realización.
- 2) Entrega de dispositivos. – Se entabla comunicación con las empresas para verificar el horario de salida y llegada a la base, de esa manera los dispositivos se instalan de manera personal en la cabina de los vehículos para evitar que el personal los coloque en otro lugar en donde la señal se reciba con menor intensidad. De igual manera, a la hora de llegada se recolectan los dispositivos para descargar la información y recargar las baterías para el siguiente día.
- 3) Obtención de datos. – Se procede a descargar la información una vez que se recuperen los dispositivos, se genera cada uno de los mapas de recorrido realizado por los vehículos, así como información adicional que es proporcionada por los dispositivos.
- 4) Generación de informes. – En primera instancia se determina el mapa de la ruta recorrida por los vehículos, así como el tiempo que se tarda en su recorrido, los tiempos de descarga de mercancía y el tiempo que están detenidos. De igual manera se programan los dispositivos para mandar alertas constantes cuando rebase una velocidad límite programada en el GPS para verificar en cuáles puntos y horarios de la ciudad los vehículos

podían transitar en flujo libre. Por otra parte, para presentar alternativas a las empresas, se utilizó el *software* “Transcad” con el cual se diseñaron rutas alternas con la finalidad de proponer escenarios donde se redujeran los costos de operación.

3.2.3 Dispositivos empleados

Debido a la gran cantidad de marcas de dispositivos GPS y funciones disponibles, se buscó un aparato que cumpliera con funciones que fueran utilizadas por distintos investigadores (Betanzo-Quezada *et al*, 2016; Ben-Akiva *et al*, 2016; Hadavi *et al*, 2019) de igual manera se revisó el precio y disponibilidad en el mercado. De las características más destacadas en la implementación de GPS para investigaciones se destacan las siguientes.

Tabla 3.1 Características de los dispositivos GPS. Fuente: Elaboración propia.

Tipo de seguimiento	Tipo de almacenamiento	Obtención de datos del recorrido	Tipo de batería y duración	Tipo de señal empleada	Costos asociados al producto
Tiempo real	Sin almacenamiento	Base de datos disponible en página web	Recargable	GPS/GSM*	Posibles cuotas mensuales de suscripción a servidores. Tarjeta SIM y tiempo de uso de red.
Pasivo	Memoria interna	Descarga de información dentro del dispositivo	Recargable o baterías alcalinas	GPS	Precio unitario del dispositivo

*GSM (Global System for Mobile Communications)

Considerando lo anterior, para la realización de la presente investigación se emplearon dispositivos GPS de la marca *TK-Star* modelo 905 (equipo de gama media), los cuales tienen la capacidad de seguir en tiempo real la ubicación de las unidades mediante señales GPS y GSM (Figura 3.2).

Para poder extraer la información de los dispositivos se utilizó el servidor oficial del proveedor (<https://www.mytkstar.net>), el cual permite generar:

- 1) Mapas de las rutas, los cuales son compatibles con el *software Google earth* (Figura 3.3), aunque de igual manera el servidor tiene mapas integrados interactivos los cuales permiten observar el recorrido realizado por los vehículos, así como las paradas realizadas y velocidades alcanzadas entre los puntos.
- 2) Se pueden determinar las velocidades alcanzadas por los vehículos entre lecturas las cuales pueden observarse en el mapa interactivo, de igual manera el servidor puede generar dicha información en hoja de cálculo compatible con el *software Excel*.
- 3) Para determinar si los vehículos viajan en libre flujo se programaron los límites de velocidad en los dispositivos, los cuales registran el momento, duración y tramo recorrido en el cual el vehículo sobrepasa la velocidad registrada, la velocidad de referencia programada en los dispositivos fue de 50 km/h debido a que las velocidades límites presentes en Santiago de Querétaro fluctúan entre 40 y 60 km/h.
- 4) Compatibilidad para descargar los datos y utilizar diferentes *Softwares* que permitan realizar diferentes análisis.



Figura. 3.2 Dispositivo GPS utilizado. Fuente: Elaboración propia.



Figura. 3.3 Ejemplo de mapa de ruta generado en Google earth. Fuente: Elaboración propia.

4. RESULTADOS

Entre el número de 100 empresas potenciales, se realizaron entrevistas en 15 de ellas dedicadas al transporte de carga de bienes de consumo no duraderos y se realizó el trabajo de campo de obtención de datos. Dicho trabajo se llevó a cabo durante los meses de febrero a mayo del año 2020. Durante la realización de la investigación se implementó en el país una cuarentena debido al coronavirus del tipo dos, causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2), por lo cual se decidió limitar la búsqueda de empresas para así reducir la posibilidad de riesgos de contagio.

De las empresas con las que se contactó para la realización de la presente investigación sólo dos aceptaron: “Hielo San-her” y “Witts agua alcalina”, las cuales tienen rubros a distribución de hielo y distribución de agua alcalina respectivamente. En ambas se aplicó la metodología descrita anteriormente para la instrumentación de GPS.

Los motivos por los cuales la mayoría de las empresas se negaron a participar fueron las siguientes.

- a) Problemas de inseguridad. – Debido a la situación actual del país en temas de inseguridad, algunas empresas están en contra de compartir la información sobre la localización de sus vehículos con personas ajenas a las mismas ya que se tienen preocupaciones de que la información recabada pueda ser utilizada con fines ilícitos.
- b) Política empresarial y sindical. – Algunas empresas mostraron su interés acerca de la instrumentación de vehículos, incluso en algunos casos ya habían intentado mejorar su logística mediante el uso de estas herramientas, sin embargo, decidieron desistir en su aplicación ya que los choferes que laboraban en estas empresas estaban adscritos a un sindicato, los cuales no están de acuerdo en el constante monitoreo de las unidades. De acuerdo con

ellos, el saber cuánto tiempo tardan los choferes en realizar sus rutas y el saber su ubicación en todo momento “violenta los derechos de los trabajadores” ya que dicha información puede ser utilizada para determinar la productividad del trabajador y provocar despidos

- c) Falta de interés. – Algunas empresas no se mostraron interesadas en el proyecto ya que para ellos la información que generan los GPS “no les ayuda a mejorar su operación.”
- d) Sistema ya implementado. – En pocos casos las empresas ya contaban con un sistema de seguimiento vehicular por GPS.

4.1 Estudio de caso: “Hielo San-her”

De acuerdo con la clasificación del INEGI sobre el tamaño de las unidades económicas, “Hielo San-her” es una MPYMES (que significa micro, pequeñas y medianas empresas), establecida en el mercado desde el año 2007. Se trata de una empresa de tamaño pequeño al contar con una fuerza laboral menor a 50 empleados, ya que la empresa cuenta con 14 empleados entre los que se encuentran personal de producción y reparto.

Las características de los productos vendidos por la empresa se muestran en la tabla 4.1, dichas características son empleadas para determinar los costos logísticos de las empresas ya que de esa forma podemos conocer las ganancias y gastos generados por el reparto de los productos.

Tabla 4.1 Ficha técnica: Características del producto distribuido. Fuente: Elaboración propia.

Parámetros físicos	Producto 1	Producto 2
Unidad	Bolsa	Bloque
Peso por unidad (kg)	5	50
Volumen (m3)	0.00025	0.0216
Envase	Bolsa	-
Costo de producción (MXN)*	7.5	50
Precio de venta al punto de venta (MXN)	18	-
Precio de venta al público (MXN)	25	75
Cantidad promedio por cliente	10 a 20	1

*Moneda nacional mexicana.

Las pruebas se llevaron a cabo durante los días primero y seis de marzo del año 2020, temporada donde la demanda del producto comienza a crecer debido al aumento en las temperaturas máximas generadas por la llegada de la primavera.

Los vehículos de carga salen de sus oficinas ubicadas en Av. Universidad 116 colonia Los Cedros. Para la distribución del producto son empleados tres vehículos tipo “pick up” con caja seca (con la finalidad de evitar el daño del producto por la acción del sol) (Figura 4.1) de los cuales uno de ellos es utilizado como vehículo de reserva en caso de uno estar fuera de operación por mantenimientos preventivos o falla mecánica, las características de los vehículos son las siguientes.

Tabla 4.2 Características de los vehículos de la empresa "Hielo San-her". Fuente: Elaboración propia.

Tipo de vehículo	Pick-Up	Pick-Up	Pick- Up
Marca	Nissan	Nissan	Ford
Modelo	Np300	Np300	F-250
Año	2015	2014	2011
Capacidad de carga (kg)	1,000-1,480	980-1,390	1,900-2,000
Tipo de combustible	Gasolina	Diesel	Diesel
*Capacidad máxima de combustible (Lts)	60	75	132
*Rendimiento en entorno urbano (km/l)	9.5	10.3	7.3
*Volumen de máximo de carga (m3)	0.84	0.84	1.63
*Peso bruto vehicular (kg)	2,690	2,740	4,545

* Valores obtenidos de la ficha técnica del vehículo.



Figura. 4.1 Vehículos con características similares a los empleados por la empresa A) Ford F-250 B) Nissan NP300. Fuente: <https://autos.mitula.mx>,<https://fibradevidriouno.com>

La empresa no cuenta con un mapa de rutas “formal”, si bien conocen la cantidad y la ubicación de clientes a los que tienen que repartir al día, sin embargo, sus rutas se basan en el esquema del cliente prioritario, en donde el orden de la ruta se basa en realizar entregas a aquél que consume la mayor cantidad de producto o que genere un mayor ingreso para la empresa y si hay otros clientes en proximidad a él, se aprovecha para realizar la distribución en esa zona.

Gracias a este criterio de distribución los vehículos tienden a realizar un gran recorrido para llegar a cada uno de los clientes (Figura 4.2), de igual manera, se puede observar que los choferes transitan por las mismas vialidades en repetidas ocasiones debido a las diferencias en las prioridades de los clientes (recorridos redundantes) (Figura 4.3 a 4.5).

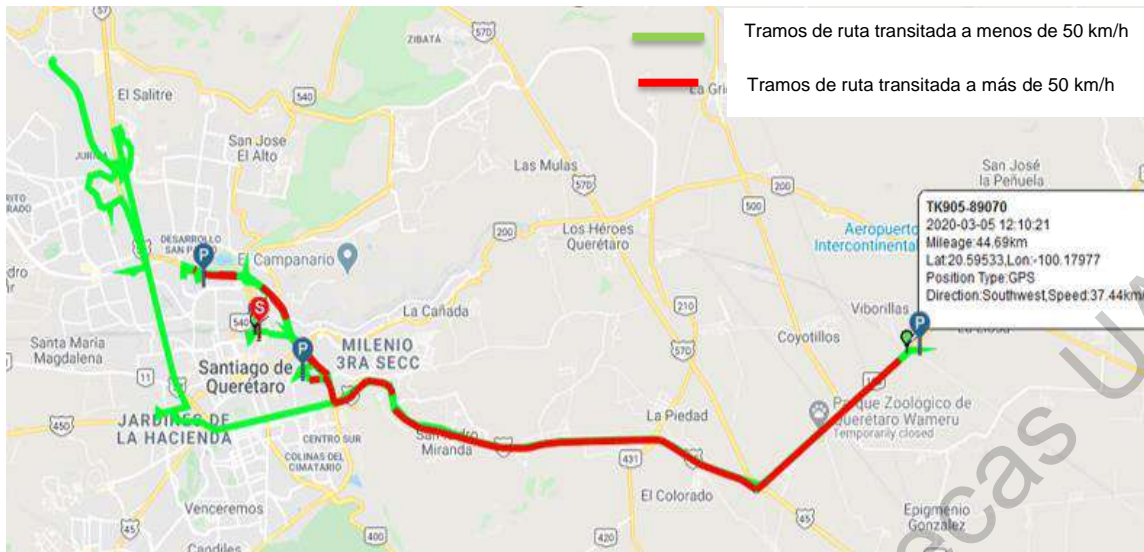


Figura. 4.2 Distancias entre clientes prioritarios. Fuente: Elaboración propia con mapa base de Google maps.



Figura. 4.3 Vehículo transitando sobre las mismas vialidades en diferentes horas del día. Fuente: Elaboración propia con mapa base de Google maps.



Figura. 4.4 Vehículo transitando sobre las mismas vialidades en diferentes horas del día.

Fuente: Elaboración propia con mapa base de *Google maps*.



Figura. 4.5 Vehículo transitando sobre las mismas vialidades en diferentes horas del día.

Fuente: Elaboración propia con mapa base de *Google maps*.

Para la distribución del producto generalmente se utiliza el vehículo que tiene más capacidad (1.63 m³) de carga es para recorrer las distancias más grandes, mientras que las que tienen menor capacidad (0.84 m³) realiza las entregas con mayor proximidad a la empresa, los vehículos no salen cargados al 100% de la capacidad debido al tipo de producto que se transporta ya que la cantidad de producto transportado no es el suficiente para llenar completamente el vehículo. Los choferes salen con el suficiente producto para realizar toda su ruta sin la necesidad de regresar a las oficinas, sin embargo, tienen que realizar paradas obligadas durante la ruta en un centro de distribución utilizado como bodega para producto al cual regresan en varios momentos del día. Los vehículos salen a realizar su distribución a las 6:30 hrs y termina a las 18:00 hrs.

Las características de las rutas empleadas por los vehículos son las siguientes:

Tabla 4.3 Tabla de costos estimados por ruta. Fuente: Elaboración propia.

Vehículo	Ford F-250	Nissan Np300
Km recorridos ruta 1	206.83	138.9
Km recorridos ruta 2	175.93	78.29
Km recorridos ruta 3	118.58	209.83
Km recorridos ruta 4	178.56	230.32
Gasto estimado total de combustible (l)	93.13	63.81
*Precio del combustible (MXN por l)	21.16	
Gasto total de rutas (MXN)	\$1,905.39	\$1,396.77

*Precio promedio del diésel durante el año 2019.

El gasto total de las rutas fue determinado teniendo en cuenta el rendimiento de combustible de un vehículo nuevo (7.3 l/km y 10.3 l/km respectivamente), sin embargo, debido a la edad de los vehículos empleados y considerando el deterioro de los mismos, se asume que el rendimiento tiende a disminuir, por lo que para determinar el gasto total real de las rutas es necesario determinar el rendimiento real del vehículo mediante la determinación del consumo real de combustible. La empresa lleva un control sobre el costo mensual de combustible no tanto así de los litros de combustible que consumen los vehículos, aun así, debido a diferentes pruebas realizadas por ellos determinaron que, en promedio, el vehículo Ford F-250 consume un tanque de combustible (132 litros), para completar las rutas, mientras que el vehículo Nissan Np300 consume un tanque y un cuarto (aproximadamente 93.75 litros), por lo que los costos reales de operación son expuestos en la Tabla 4.4.

Una vez determinado el rendimiento y gasto real en combustible que tiene la empresa al realizar sus recorridos, es posible obtener su costo logístico tomando en cuenta los ingresos generados por la venta de producto. Cabe destacar que, aunque el consumo de combustible es uno de los componentes mas importantes para la determinación del costo directo de operación no es el único que se utiliza para la determinación de los costos totales, ya que de igual manera se tienen que tomar en cuenta los costos de lubricantes, consumo de llantas, mantenimiento, entre otros.

La empresa "Hielo San-her" tiene a la venta dos presentaciones de producto, bolsas individuales de cubos de hielo con un peso de 5 kg con un precio de 18 MXN en la empresa y con precio en distribuidor que ronda los 25 MXN, además de producto en barra de hielo de 50 kg y con un precio de 75 MXN. A pesar de que la empresa maneja dos productos con diferente presentación la gran parte de los clientes a los que atienden dentro de las rutas de reparto son supermercados y tiendas de abarrotes que cuentan con un refrigerador exclusivo para la venta del producto en presentación de 5 kg, en donde a cadenas grandes reparten entre 20 y 25 bolsas por viaje y en negocios pequeños reparten en promedio 10 bolsas.

Tabla 4.4 Tabla de costos reales por ruta. Fuente: Elaboración propia.

Vehículo	Ford F-250	Nissan Np300
Km recorridos ruta 1	206.83	138.9
Km recorridos ruta 2	175.93	78.29
Km recorridos ruta 3	118.58	209.83
Km recorridos ruta 4	178.56	230.32
Rendimiento real de combustible (km/l)	5.03	7.01
Gasto real total de combustible (l)	135	93.77
*Precio del combustible (MXN por l)	21.16	
Gasto total de rutas (MXN)	\$2,856.81	\$1,984.21

*Precio promedio del diésel durante el año 2019.

Con los datos de ventas de producto y los rendimientos de los vehículos se puede realizar el cálculo para determinar el costo de entrega y costo logístico de cada ruta, no obstante, debido a la falta de datos que pudiera proporcionar la empresa en cuanto al gasto de consumibles de los vehículos se refiere, para realizar dichos cálculos se tomó como base la publicación técnica 526 del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) donde se analizan los costos base del transporte interurbano, cabe destacar que los costos que se presentan en la publicación 526 fueron obtenidos en condiciones de operación que difieren a los obtenidos en el presente estudio (velocidades de operación y condición del camino), sin embargo, se decidió utilizar los valores de consumibles de un vehículo ligero debido a la falta de información existente referente a los consumos generados por el tránsito en un entorno urbano y a las semejanzas con los vehículos analizados. Para el análisis de costos solo se utilizaron los consumos de combustible y tiempo del chofer reales (Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Cálculo de costos de ruta con datos reales y del IMT. Fuente: Elaboración propia

Nissan Np300		
Consumos por cada 1,000 veh-km		
Consumo de combustible	litros	142.62
Lubricantes	litros	1.85
Consumo de llantas	Núm. De llantas nuevas equivalentes	0.06
Tiempo de operador	horas	12.00
Mano de obra de mantenimiento	horas	2.18
Refacciones	% precio del vehículo nuevo	0.15
depreciación	% precio del vehículo nuevo	0.30
Intereses	% precio del vehículo nuevo	0.03
Costos unitarios en pesos, precios 2020		
Precio de vehículo nuevo	MXN	300,700.00
Costo de combustible	MXN	21.10
Costo de lubricante	MXN	65.00
Costo de llanta nueva	MXN	1,979.00
Tiempo de operador	MXN/hora	42.00
Mano de obra de mantenimiento	MXN/hora	27.15
Tasa de interés anual	%	3.31
Costos indirectos por veh-km	MXN	0.45
Costos de operación (Ruta 1)		
Distancia recorrida en ruta	Km	138.90
Consumo de combustible	MXN	582.66
Consumo de lubricante	MXN	16.70
Consumo de llantas	MXN	16.49
Tiempo de operador	MXN	322.00
Mano de obra de mantenimiento	MXN	82.70
Refacciones	MXN	62.65
depreciación	MXN	74.15
Interés	MXN	9.02
Costos indirectos	MXN	62.51
Costo total por ruta	MXN	1,228.88

Con los cálculos anteriores podemos determinar los costos de entrega y ganancias generadas por cada una de las rutas los cuales se presenta en la tabla 4.6, donde se emplean las siguientes ecuaciones:

$$G = \frac{\sum \text{consumos}}{Dr} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$I = \frac{Vt}{Dr} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$U = I - G \quad (\text{Eq. 3})$$

Donde “G” es el gasto por km, “I” el ingreso por km y “U” la utilidad, “Σ de consumos” se refiere a el total de gastos calculados con la metodología expuesta en la publicación técnica 526 (combustible, lubricantes, llantas, tiempo de operador, mantenimiento), “Vt” y “Dr” son valores obtenidos durante la realización del estudio y corresponden a la venta total del producto y la distancia recorrida por el vehículo respectivamente.

Tabla 4.6 Gastos y utilidad por km. Fuente: Elaboración propia.

Vehículo	Ruta	Gasto por km (MXN) (Eq. 1)	Ingreso por km (MXN) (Eq. 2)	Utilidad por km (MXN) (Eq. 3)
Ford F-250	Ruta 1	10.05	27.85	17.80
	Ruta 2	10.66	20.46	9.81
	Ruta 3	12.63	33.40	20.77
	Ruta 4	10.60	12.10	1.50
Nissan Np300	Ruta 1	8.85	16.85	8.00
	Ruta 2	11.57	22.99	11.43
	Ruta 3	7.66	19.73	12.07
	Ruta 4	7.45	20.32	12.87
Total	-	79.47	173.70	94.25

De igual manera, con los datos referentes al producto transportado y la cantidad de clientes expresados anteriormente, se procedió a determinar el costo logístico de las rutas, esto con la finalidad de determinar su eficiencia y los costos existentes al llevar el producto al cliente (Tabla 4.7).

Tabla 4.7 Cálculo del costo logístico en la ruta 1 del vehículo Ford F-250. Fuente: Elaboración propia.

Ford F-250	Distancia entre clientes (km)	Distancia acumulada (km)	Cantidad de producto entregado (pza)	Costo de entrega a cliente (MXN)	Ganancia por venta de producto (MXN)	Utilidad por venta de producto (MXN)
Ruta 1	31.91	31.91	0	252.14	0.00	-252.14
	13.79	45.70	18	132.92	324.00	191.08
	50.77	96.47	19	376.22	342.00	-34.22
	1.12	97.59	20	49.56	360.00	310.44
	4.88	102.47	30	74.30	540.00	465.70
	44.96	147.43	0	338.00	0.00	-338.00
	3.38	150.81	24	64.43	432.00	367.57
	2.25	153.06	23	57.00	414.00	357.00
	1.47	154.53	17	51.87	306.00	254.13
	6.43	160.96	25	84.50	450.00	365.50
	8.04	169.00	19	95.09	342.00	246.91
	6.71	175.71	22	86.34	396.00	309.66
	1.66	177.37	25	53.12	450.00	396.88
	3.90	181.27	27	67.85	486.00	418.15
	0.62	181.89	28	46.27	504.00	457.73
	20.12	202.01	23	174.57	414.00	239.43
	4.82	206.83	0	73.91	0.00	-73.91
Total	206.83	-	320	2,078.10	5,760.00	3,681.90

En la tabla 4.7 se pueden observar los puntos bajos de la operación donde es más costoso entregar el producto que la ganancia producida por el mismo y por ende es necesaria una reestructuración de la ruta para evitar recorrer grandes distancias con poco beneficio, de igual manera, se puede apreciar que para un recorrido de 0.62 km se tiene un costo de 46.27 pesos, mientras que para recorrer

20.12 km se tiene un costo de 174.57, esto es debido a que para su cálculo se determinaron todos los costos de operación y transporte por cada ruta (combustible, tiempo de operador, consumo de llantas, mantenimiento, depreciación del vehículo, entre otros) y se dividieron entre cada una de las paradas del recorrido, para que en cada una de ellas se repartieran el costo total del reparto de la carga.

Para finalizar y como se mencionó anteriormente, la empresa no cuenta con un mapa de rutas propio o datos que puedan ser utilizados para contrastar la información generada por los GPS sobre el verdadero comportamiento de sus vehículos y por ende no existe un punto de comparación donde se pueda apreciar los sobrecostos y gastos ocasionados por un mal empleo de la logística de reparto.

Por la razón anterior se optó por comparar los resultados de todas las rutas de los vehículos con algunas variantes. Con la ayuda del *Software "Transcad"* se modelaron cada una de las rutas de reparto con la finalidad de que los vehículos siguieran su mismo orden de distribución con el menor costo posible, en este caso se decidió que la variable de reducción fuera la distancia entre clientes (Figura 4.6), las diferencias en la distancia recorrida y los gastos generados en la nueva ruta se utilizaron como referencia para medir costos logísticos (Tabla 4.8). La razón de la selección de distancia entre clientes como variable a reducir fue debido a la falta de una base de datos que contenga el costo en valor de tiempo que tarda un vehículo en recorrer una vía, por ende, no se puede realizar el análisis de reducción de tiempos.

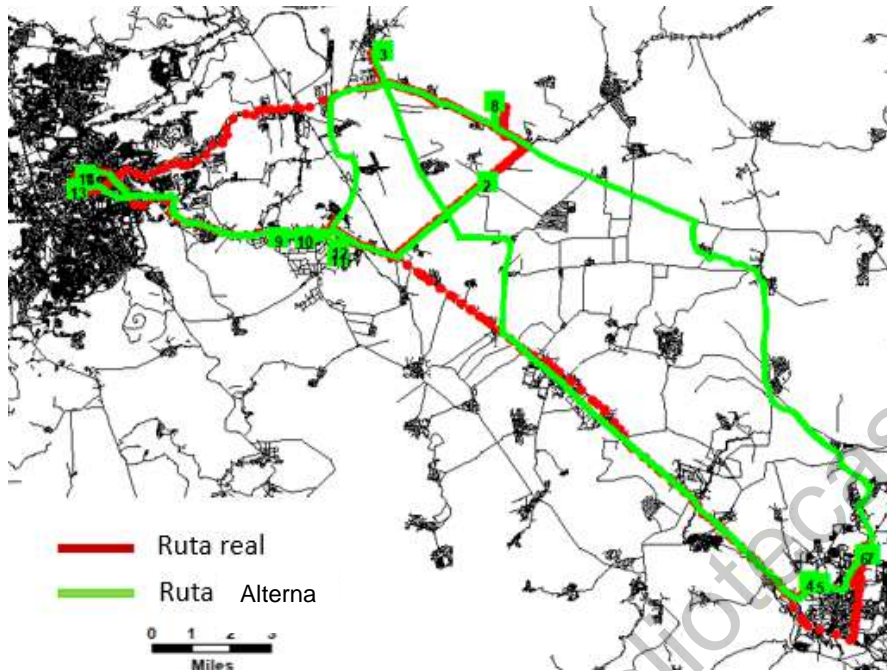


Figura. 4.6 Ejemplo de comparativo entre ruta generada con datos reales y ruta generada tomando en cuenta la menor distancia posible entre clientes. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.8 Diferencia en costos entre rutas reales y rutas alterna de la empresa "Hielo Sanher". Fuente: Elaboración propia.

Vehículo	Ruta	Longitud de ruta datos reales (km)	Longitud ruta "optima" (km)	Diferencia en longitudes (km)	Utilidad por km datos reales (MXN)	Utilidad por km ruta alterna (MXN)	Diferencia en costos (MXN)
Ford F-250	Ruta 1	206.83	114.17	-92.66	17.80	37.59	- 19.70
	Ruta 2	175.93	95.06	-80.87	9.81	23.75	-13.94
	Ruta 3	118.58	67.02	-51.56	20.77	41.80	-21.03
	Ruta 4	178.56	104.73	-73.83	1.50	7.20	-5.70
Nissan Np300	Ruta 1	138.90	80.52	-58.38	8.00	17.67	-9.67
	Ruta 2	78.29	46.74	-31.55	11.43	22.74	-11.31
	Ruta 3	209.83	118.45	-91.38	12.07	25.50	-13.43
	Ruta 4	230.32	126.84	-103.48	12.18	27.72	-15.54
Total		1,337.24	753.53	-583.71	93.56	203.97	-110.41

4.2 Estudio de caso: “Wiits agua alcalina”

“Wiits agua alcalina” se encuentra en el mercado desde el año 2017, dentro de la clasificación MPYMES del INEGI es considerada una microempresa al tener una fuerza laboral menor a 10 empleados, la empresa cuenta con 4 empleados entre los que se encuentran producción y reparto.

Las características de los productos vendidos por la empresa se muestran en la Tabla 4.9, dichas características son empleadas para determinar los costos logísticos de las empresas ya que de esa forma se pueden conocer las ganancias y gastos generados por el reparto de los productos.

Tabla 4.9 Ficha técnica: Características del producto distribuido. Fuente: Elaboración propia.

Parámetros físicos	Producto
Unidad	Garrafón
Peso por unidad (kg)	20
Volumen (m3)	0.02
Envase	Garrafón
Costo de producción (MXN)	35.00
Precio de venta al punto de venta (MXN)	-
Precio de venta al público (MXN)	45.00
Cantidad promedio por cliente	2 cliente pequeño 10 cliente grande

Durante la realización de las pruebas, las cuales se llevaron a cabo durante los días cuatro y nueve de mayo del año 2020 se desarrollaba una situación extraordinaria debido a la cuarentena nacional provocada por el virus SARS-CoV-2, sin embargo, se decidió continuar con el análisis de las rutas debido a que la empresa al dedicarse a la distribución de un bien considerado esencial, no se vio afectado por las restricciones impuestas por la cuarentena.

Los vehículos de carga salen de sus instalaciones ubicadas en calle Bogotá, Colonia Buganvillas en la ciudad de Querétaro, las cuales funcionan como fábrica de producto y centro de distribución. Para la distribución del producto son empleados dos vehículos cerrados tipo “Van” (el propósito del empleo de este tipo de vehículos es el evitar el daño del producto alcalino por la acción del sol) (Figura 4.7) las características de los vehículos son las siguientes.

Tabla 4.10 Características de los vehículos de la empresa "Wiits agua alcalina". Fuente: Elaboración propia.

Tipo de vehículo	Van	Van
Marca	Peugeot	Renault
Modelo	Partner maxi	Kangoo
Año	2017	2007
Capacidad de carga (kg)	800	550
Tipo de combustible	diésel	diésel
*Capacidad máxima de combustible (Lts)	60	50
*Rendimiento en entorno urbano (km/l)	14.92	9.80
*Volumen de máximo de carga (m3)	4.10	3.00
*Peso bruto vehicular (kg)	1,410	1,875

* Valores obtenidos de la ficha técnica del vehículo.



Figura. 4.7 Vehículos con características similares a los empleados por la empresa A) Peugeot Partner B) Renault Kangoo. Fuente: <https://auto.mercadolibre.com.mx>

De igual manera, la empresa no cuenta con un mapa de rutas “formal”, sin embargo, a diferencia de la empresa anterior que utilizaba un esquema de cliente prioritario, aquí se utiliza un esquema por zonas, en donde cada día se realiza una ruta diferente para poder abarcar todos los clientes que tienen distribuidos por la ciudad (Tabla 4.11 y Figura 4.8).

Para poder diseñar sus rutas, la empresa se apoyó del conocimiento que tienen los choferes de la ciudad, ya que, a pesar de que las rutas fueron concebidas teniendo en cuenta la cercanía de los clientes, se consultó con los choferes para determinar el orden de las entregas y así acortar los tiempos y distancias de entrega.

Tabla 4.11 Rutas empleadas por la empresa. Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la empresa.

Número de ruta	Horario	Zona
Ruta 1	Matutino	El Refugio
	Vespertino	Campanario/Zibatá
Ruta 2	Matutino	Candiles/ El pueblito
Ruta 3	Matutino	Pie de la Cuesta/Sombrerete
	Vespertino	Tintero/Alcanfores
Ruta 4	Matutino	Juriquilla
	Vespertino	Altozano
Ruta 5	Matutino	Milenio III/ Altozano
	Vespertino	Los Arcos/ Quintas del Marqués
Ruta 6	Matutino	Jurica/Tlacote/Centro histórico

Los vehículos de la empresa no son cargados al 100% de su capacidad en términos del peso bruto vehicular (PBV), pero sí de su volumen, siendo utilizado en algunas ocasiones el asiento del copiloto como espacio para llevar carga, aun así, los vehículos solo tienen una capacidad aproximada para veinte ó veinticinco garrafones de agua de 20 litros cada uno.

El esquema de distribución empleado por la empresa en teoría genera una menor cantidad de viajes y de kilómetros recorridos al contener todos sus clientes dentro de la misma zona, sin embargo, tomando en cuenta lo anterior no es posible terminar la ruta en un solo viaje, siendo necesario realizar tres o cuatro viajes por ruta (Figura 4.9 y 4.10).

- Tramos de ruta transitada a menos de 50 km/h
- Tramos de ruta transitada a más de 50 km/h

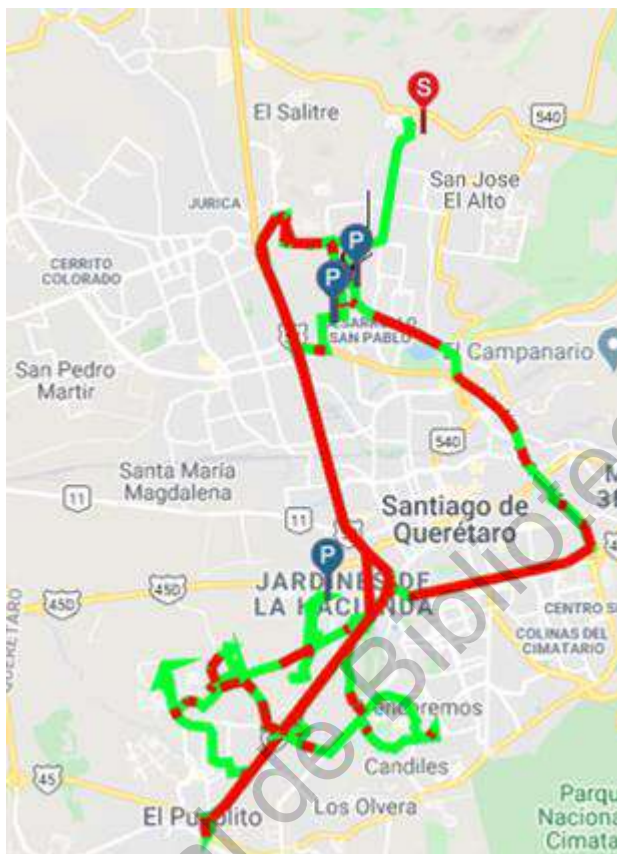


Figura. 4.8 Ejemplo de división en zonas para la realización de las rutas (Ruta 2). Fuente: Elaboración propia con mapa base de *Google maps*.

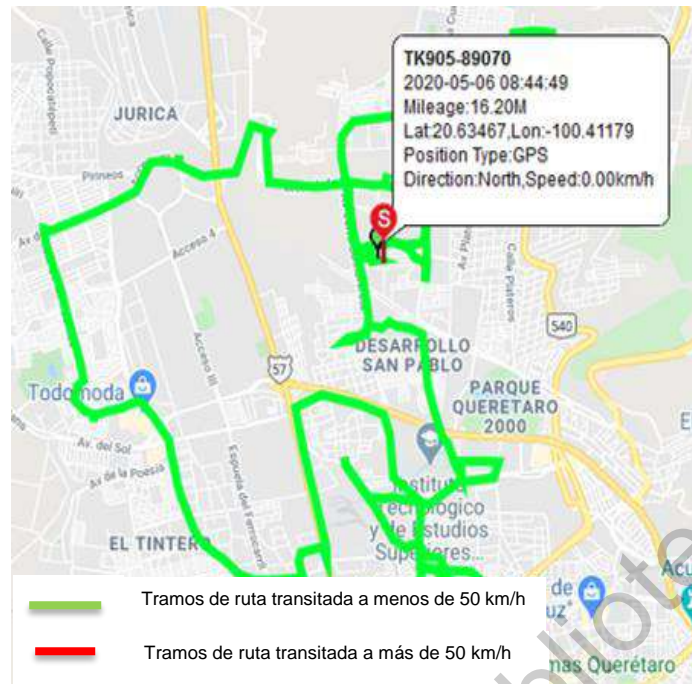
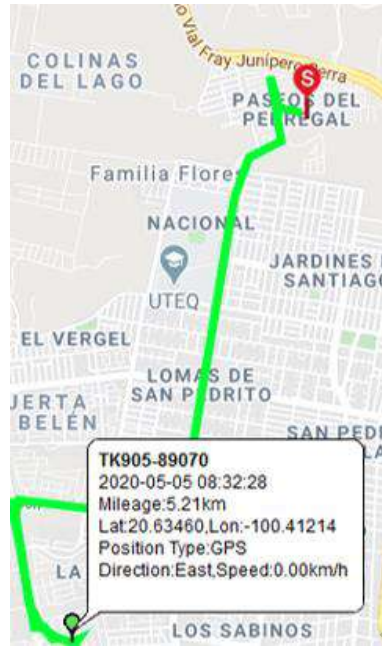


Figura. 4.9 Vehículo saliendo de base para realizar entrega de producto durante el recorrido de la ruta 3. Fuente: Elaboración propia con mapa base de *Google maps*.



Figura. 4.10 Vehículo regresando a base para realizar recarga de producto durante el recorrido de la ruta 3. Fuente: Elaboración propia con mapa base de *Google maps*.



- Tramos de ruta transitada a menos de 50 km/h
- Tramos de ruta transitada a más de 50 km/h

Figura. 4.11 Distancia que recorre el vehículo desde locación particular a localización de las oficinas de la empresa durante la ruta 2. Fuente: Elaboración propia con mapa base de Google maps.

De igual manera, cabe destacar que, a diferencia de la empresa anterior, la cual contaba con un espacio propio designado para el estacionamiento de sus vehículos, la presente sólo cuenta con un estacionamiento dentro de las oficinas, por lo que en ocasiones se puede observar que el vehículo es llevado a la residencia particular de la propietaria para ser resguardado allí, lo que genera un incremento en el recorrido total de la ruta (Figura 4.11).

Las características de las rutas empleadas por los vehículos son las siguientes:

Tabla 4.12 Tabla de costos estimados por ruta. Fuente: Elaboración propia.

Vehículo	Renault Kangoo	Peugeot Partner
Km recorridos ruta 1	156.39	-
Km recorridos ruta 2	102.31	96.17
Km recorridos ruta 3	54.52	-
Km recorridos ruta 4	121.35	190.06
Km recorridos ruta 5	54.07	-
Km recorridos ruta 6	84.4	-
Gasto estimado total de combustible (l)	58.47	19.18
*Precio del combustible (MXN por l)	21.16	
Gasto total de rutas (MXN)	1,237.29	405.94

*Precio promedio del diésel durante el año 2019.

De igual manera, la empresa lleva un control sobre el costo mensual de combustible no tanto así de los litros de combustible que consumen los vehículos, de la misma forma, debido a diferentes pruebas realizadas por ellos determinaron que, en promedio, el vehículo Renault Kangoo consume 80 litros a la semana para la realización de las rutas, mientras que el vehículo Peugeot Partner consume 120 litros a la semana, sin embargo, debido al poco trabajo de esta camioneta ocasionada por la cuarentena, durante el monitoreo de las rutas solo se consumieron 25 litros, por lo que los precios reales de operación son los siguientes.

Tabla 4.13 Tabla de costos reales por ruta. Fuente: Elaboración propia

Vehículo	Renault Kangoo	Peugeot Partner
Km recorridos ruta 1	156.39	-
Km recorridos ruta 2	102.31	96.17
Km recorridos ruta 3	54.52	-
Km recorridos ruta 4	121.35	190.06
Km recorridos ruta 5	54.07	-
Km recorridos ruta 6	84.4	-
Rendimiento real del vehículo. (Km/l)	7.16	11.44
Gasto real total de combustible (L)	80	25
Gasto real total de rutas (MXN)	1,693.50	529.42

*Precio promedio del diésel durante el año 2019.

A semejanza con la empresa anterior, una vez determinado el rendimiento y gasto real en combustible que tiene la empresa al realizar sus recorridos, es posible obtener su costo logístico tomando en cuenta los ingresos generados por la venta de producto. La empresa “Wiits” tiene a la venta solo una presentación de producto, garrafones de agua con cantidad de 20 litros cada uno, el cual tiene un precio de venta al público de 45 MXN, la empresa sólo distribuye a clientes particulares los cuales utilizan el producto para su consumo.

Para la distribución del producto se cuentan con dos rutas, una donde su ganancia se basa en la cantidad de clientes ya que en promedio se venden dos

garrafones por parada y la segunda dedicada a la venta de empresas se basa en la venta por volumen ya tienen menor cantidad de clientes a los cuales repartir, pero venden aproximadamente 10 garrafones por cliente.

En concordancia con la empresa anterior, con los datos de ventas de producto y los rendimientos de los vehículos se puede realizar el cálculo para determinar el costo de cada ruta, no obstante y a semejanza del anterior estudio, debido a la falta de datos que pudiera proporcionar la empresa en cuanto al gasto de consumibles de los vehículos se refiere, tomando nuevamente como referencia la publicación técnica 526 del IMT en donde se utilizaron los valores de consumibles de un vehículo ligero y se modificó el consumo de combustible y tiempo del chofer por los reales (Tabla 4.14 y Tabla 4.15).

Tabla 4.14 Cálculo de costos de ruta con datos reales y del IMT. Fuente: Elaboración propia

Renault kangoo		
Consumos por cada 1,000 veh-km		
Consumo de combustible	litros	139.61
Lubricantes	litros	1.85
Consumo de llantas	Núm. De llantas nuevas equivalentes	0.06
Tiempo de operador	horas	8.50
Mano de obra de mantenimiento	horas	2.18
Refacciones	% precio del vehículo nuevo	0.15
depreciación	% precio del vehículo nuevo	0.30
Intereses	% precio del vehículo nuevo	0.03
Costos unitarios en pesos, precios 2020		
Precio de vehículo nuevo	MXN	254,900.00
Costo de combustible	MXN	21.10
Costo de lubricante	MXN	65.00
Costo de llanta nueva	MXN	1,979.00
Tiempo de operador	MXN/hora	42.00
Mano de obra de mantenimiento	MXN/hora	27.15
Tasa de interés anual	%	3.31
Costos indirectos por veh-km	MXN	0.45
Costos de operación (Ruta lunes)		
Distancia recorrida en ruta	Km	156.39
Consumo de combustible	MXN	460.87
Consumo de lubricante	MXN	18.81

Consumo de llantas	MXN	18.57
Tiempo de operador	MXN	322.00
Mano de obra de mantenimiento	MXN	82.70
Refacciones	MXN	59.80
depreciación	MXN	62.85
Interés	MXN	7.65
Costos indirectos	MXN	70.38
Costo total por ruta	MXN	1,103.62

Tabla 4.15 Gastos y utilidad por km. Fuente: Elaboración propia.

Vehículo	Ruta	Gasto por km (MXN) (Eq.1)	Ingreso por km (MXN) (Eq.2)	Utilidad por km (MXN) (Eq.3)
Renault Kangoo	Lunes	7.06	21.87	14.81
	Martes	8.66	33.43	24.76
	Miércoles	12.73	66.03	53.30
	Jueves	7.93	44.50	36.57
	Viernes	12.81	38.28	25.48
	Sábado	9.65	17.06	7.41
Peugeot Partner	Lunes	-	-	-
	Martes	8.14	36.50	28.36
	Miércoles	-	-	-
	Jueves	5.60	17.00	11.40
	Viernes	-	-	-
	Sábado	-	-	-
Total		72.58	274.67	202.09

De igual manera que con el caso anterior la empresa no cuenta con su propio mapa de rutas, los choferes son los encargados de encontrar el menor recorrido posible entre el orden de clientes que los dueños le señalan, por lo que nuevamente se utilizó el programa “*Transcad*” para comparar las rutas generadas con datos reales con una ruta alterna modelada donde se minimizara el costo de distancia recorrida en cada una de las rutas de todos los vehículos (Figura 4.12), los datos entre las diferencias en rutas son expresados en la Tabla 4.16.

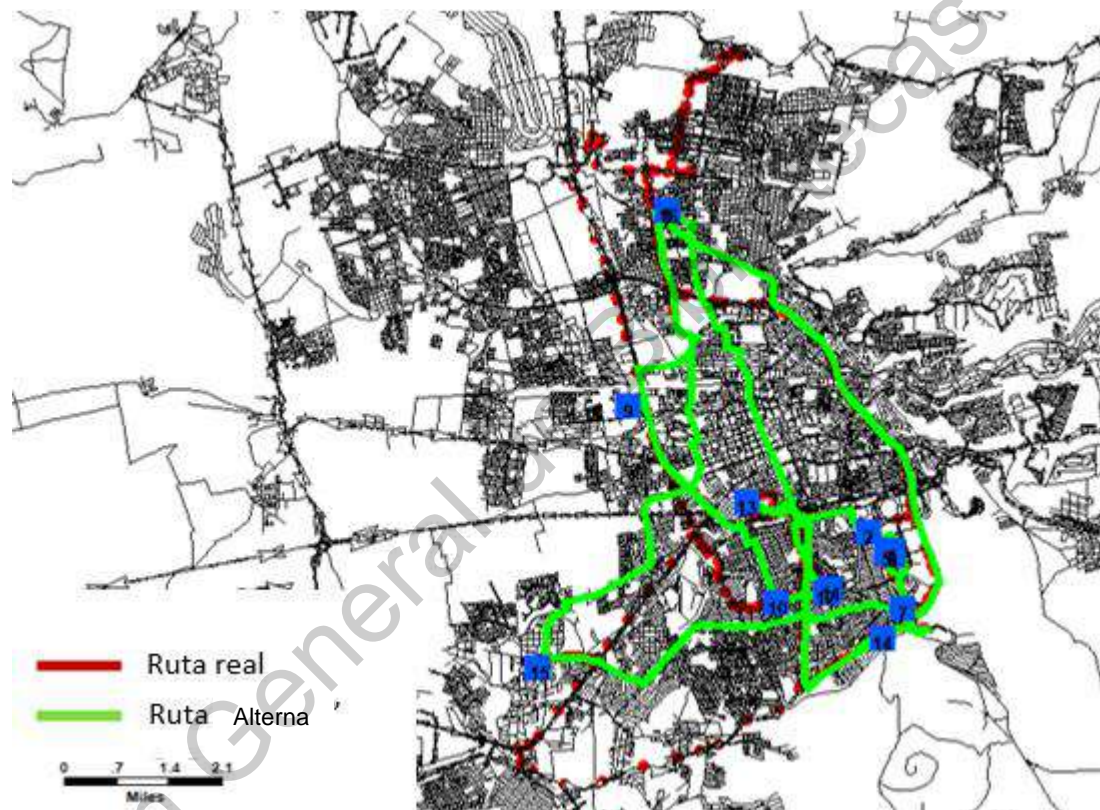


Figura. 4.12 Comparación entre ruta generada con datos reales y ruta minimizando la distancia entre clientes. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.16 Diferencia en costos entre rutas reales y rutas alternas de la empresa "Wiits Agua alcalina". Fuente: Elaboración propia.

Vehículo	Ruta	Longitud de ruta datos reales (km)	Longitud ruta "optima" (km)	Diferencia en longitudes (km)	Utilidad por km datos reales (MXN)	Utilidad por km ruta "optima" (MXN)	Diferencia en costos (MXN)
Peugeot Partner	Ruta 1	0	0	0	0	0	0
	Ruta 2	96.17	47.69	-48.48	28.36	60.25	-31.89
	Ruta 3	0	0	0	0	0	0
	Ruta 4	190.06	100.33	-89.73	11.4	24.36	-12.96
	Ruta 5	0	0	0	0	0	0
	Ruta 6	0	0	0	0	0	0
Renault Kangoo	Ruta 1	156.39	99.84	-56.55	14.81	25.48	-10.67
	Ruta 2	102.31	51.24	-51.07	24.76	53.45	-28.69
	Ruta 3	54.52	27.66	-26.86	53.3	108.95	-55.65
	Ruta 4	121.35	98.35	-23	36.57	46.06	-9.49
	Ruta 5	54.07	32.68	-21.39	25.48	44.78	-19.3
	Ruta 6	84.4	46.85	-37.55	7.41	16.58	-9.17
Total	-	859.27	504.64	-354.63	202.09	379.91	-177.82

4.3 Discusión

Con la metodología expuesta dentro de la presente investigación se pudieron obtener datos concisos sobre parámetros de operación (distancia total recorrida, número de paradas, velocidades, entre otros) de vehículos de transporte de carga dentro de un entorno urbano, los cuales se utilizaron para poder determinar costos de entrega y logísticos que nos permiten analizar la viabilidad de las rutas empleadas por las empresas estudiadas (Tabla 4.17, Grafica 4.1). De igual manera, los datos obtenidos pueden ser utilizados para ser comparados con rutas alternas que permitan determinar la eficiencia de las rutas y contemplar nuevos escenarios, en el caso de la presente, se realizó una comparación entre las rutas reales y un escenario donde el vehículo recorriera la menor distancia posible entre clientes (Tabla 4.18, Grafica 4.2).

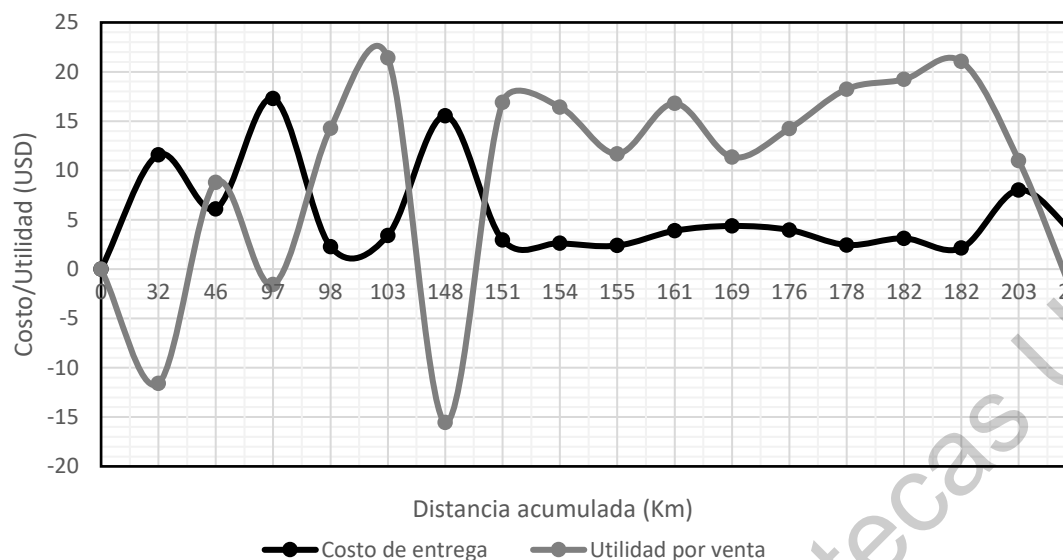
Para el estudio se optó por un método de estudios de caso donde de una población de 15 posibles empresas solo se analizaron dos que dieron su consentimiento para la realización del estudio, sin embargo, a pesar de la limitante de la cantidad de empresas analizadas, se logró generar la cantidad de datos y valores necesarios para realizar los análisis de las rutas monitoreadas.

A pesar de las diferencias metodológicas que resultaron de la implementación de dispositivos GPS con formas distintas de generación de datos (Tiempo real y pasiva), los resultados de la investigación enfocados al uso de los dispositivos GPS para el análisis de rutas son similares a lo encontrado por Betanzo *et al.* (2015), ya que en ambos casos se analizan rutas fijas de transporte, pero de diferentes rubros (bienes de consumo y desechos, respectivamente). De igual manera y concordando con lo señalado por Castanedo *et al.* (2014) el uso de dispositivos GPS aunado con plataformas y *software* resulta útil para el diseño y análisis de rutas alternas que puedan reducir los costos de operación de las empresas (Tiempo en tráfico, distancia recorrida, entre otros) y por ende limitar la presencia de vehículos de transporte en el tráfico de las ciudades.

Tabla 4.17 Resumen de ganancias y costos totales de las empresas estudiadas. Fuente: Elaboración propia.

Empresa	"Hielo San -her"		"Wiits agua alcalina"	
	Ford F-250	Nissan Np 300	Peugeot Partner	Renault Kangoo
Total de distancia recorrida (km)	679.9	657.34	286.23	573.04
Ganancia total por recorrido (MXN)	15,840.00	12,960.00	6,750.00	19,350.00
Ganancia total por recorrido (USD)*	726.94	594.77	309.78	888.02
Costo total de recorrido (MXN)	-7,342.49	-5,458.28	-1,850.46	-5,153.83
Gasto total de recorrido (USD)	-336.97	-250.49	-84.92	-236.52

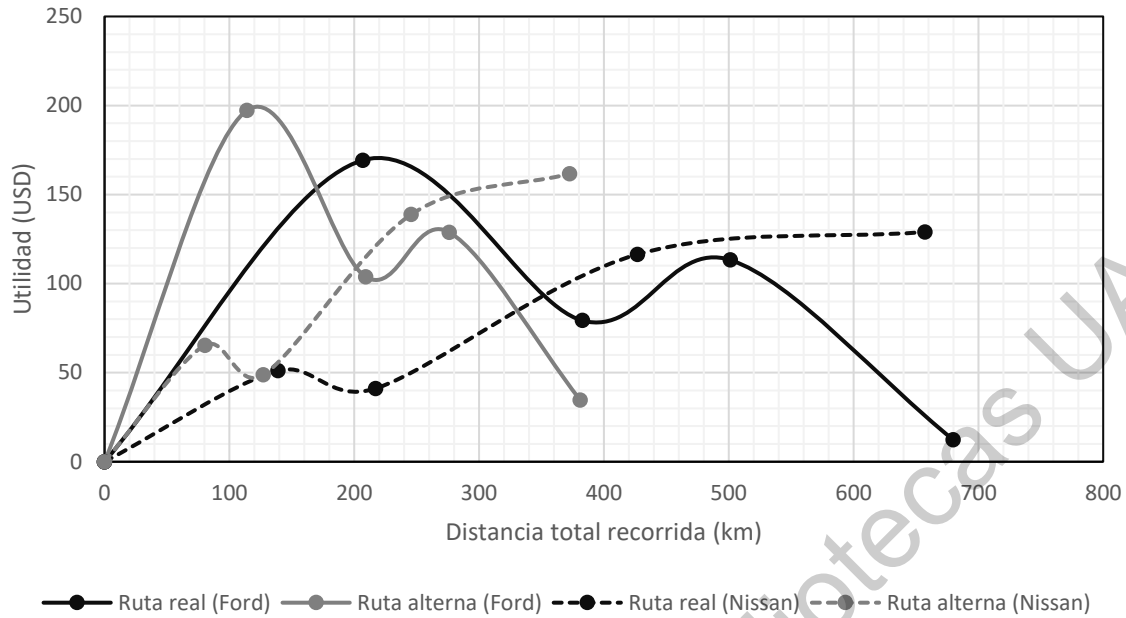
*Moneda nacional estadounidense.



Gráfica 4.1 Ejemplo de comparación entre costo de entrega y utilidad durante el recorrido de la ruta 1 empresa 1. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.18 Comparación entre utilidades generadas por rutas reales y alternas. Fuente: Elaboración propia.

Empresa	Vehículo	Distancia total recorrida en ruta real (km)	Utilidad total en ruta real (MXN)	Utilidad total en ruta real (USD)	Distancia total recorrida en ruta alterna (km)	Utilidad total en ruta alterna (MXN)	Utilidad total en ruta alterna (USD)
"Hielo San - her"	Ford F-250	679.90	8,497.51	389.97	380.98	10,104.71	464.58
	Nissan Np 300	657.34	7,501.72	344.27	372.84	9,021.03	414.76
"Wiits agua alcalina"	Peugeot Partner	286.23	4,899.54	224.85	148.02	5,317.63	244.49
	Renault Kangoo	573.04	14,196.17	651.50	656.62	14,914.00	685.70



Gráfica 4.2 Ejemplo de comparación entre utilidades entre rutas reales y alternas en de la empresa 1. Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 4.1 muestra la comparación entre costo y utilidad teniendo en cuenta la distancia recorrida para llegar a cada uno de los clientes, en ella se pueden apreciar los puntos bajos de la operación (donde los costos superan a las utilidades), el empleo de este tipo de análisis nos permite determinar de manera rápida cuales son los puntos donde se requiere una modificación en la ruta para evitar un trayecto donde el costo de entrega sobrepase la utilidad, por otra parte en la Gráfica 4.2 se puede apreciar la comparación entre ruta real y alterna de ambos vehículos, podemos determinar que las gráficas tienen un comportamiento similar en la fluctuación de la utilidad (debido a que son los mismos clientes sin importar si es ruta real o alterna), sin embargo, en las rutas alternas la utilidad tiende a ser mayor debido a que con una distancia menor recorrida, se generan mas ahorros en los costos de operación y distribución de los productos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Cuestionando la hipótesis planteada en la presente investigación, la cual indica que “ con la instrumentación y monitoreo de vehículos de carga mediante el uso de GPS se podrán hacer ajustes operativos para obtener mejoras en los parámetros de desempeño logístico de las empresas estudiadas, logrando así, una reducción en los tiempos muertos y costos de combustible para las empresas , al analizar las rutas por las que transitan y encontrar las deficiencias producidas por la mala ejecución en su planeación, para realizar sus actividades económicas teniendo un mejor control sobre las mismas al igual que reducir el tiempo que estos vehículos se encuentran en la vía y reducir los costos de operación generados por su tránsito diario.” Podemos afirmar que se cumple, ya que con la metodología implementada y el análisis subsecuente de datos nos permite evaluar el desempeño de las rutas de las empresas estudiadas, así como proponer alternativas para el diseño de nuevas rutas que permitan reducir los costos operativos de las mismas.

El uso de dispositivos GPS puede contribuir en la mejora de la toma de decisiones de las empresas, ya que en los casos analizados no se tenía un control real de los recorridos de las unidades. Con el rastreo satelital de los vehículos y con el subsecuente análisis de datos permite determinar los costos y ganancias generadas por la entrega de producto, aunado a esto con los datos generados se puede realizar la modelación de diferentes rutas que contemplen menores gastos de distribución para las mismas, lo que genera que las empresas contemplen las posibilidades de modificar la estructura de las rutas con la finalidad de mejorar la logística.

Es importante destacar que para el análisis de rutas alternas presente en la investigación sólo se pudo realizar el análisis de menor costo en función de la distancia recorrida entre los diferentes clientes debido a las limitaciones de la base de datos utilizada, la cual no cuenta con la cantidad de información necesaria para realizar otro tipo de análisis, por lo tanto no se puede realizar una modelación de

ruta utilizando el tiempo de recorrido como el costo a analizar, lo que podría utilizarse como una posible investigación futura.

Los GPS pueden ayudar a determinar la idoneidad de los vehículos empleados para la distribución del producto, ya que en uno de los casos analizados se puede observar que los choferes en varias ocasiones interrumpen el progreso de la ruta para realizar una recarga de producto en la base y regresan a continuar la ruta, en este caso, el cambiar el vehículo empleado por uno con mayor capacidad puede reducir la cantidad de viajes realizados por el mismo, y por ende la cantidad de tiempo en tráfico y combustible empleado para la realización de la ruta.

De igual manera, con el uso de los dispositivos puede ayudar a reducir los tiempos de realización de las rutas, cantidades de consumibles utilizados y la cantidad de kilómetros recorridos, lo que no sólo genera ahorros sustanciales a la empresa, sino que también ayuda a mejorar la movilidad de las ciudades y reducir las probabilidades de sufrir un accidente vial con este tipo de vehículos, así como reducir la contaminación generada por los mismos.

Por otra parte, es importante que las empresas estén dispuestas a utilizar los datos que les fueron proporcionados para realizar una reestructuración en su logística de entrega, además de que tengan una apertura hacia el uso de tecnologías que permitan tener un mejor control de su empresa.

A pesar de que se puede demostrar de que el uso de los GPS puede ayudar a las empresas a mejorar su logística, existen varios factores que evitan que su uso pueda ser extendido. De lo anterior destacan los factores políticos, en los cuales los sindicatos de transportistas están en contra del monitoreo constante de los choferes, lo que genera que las empresas no puedan saber realmente el comportamiento de los vehículos, evitando el mejoramiento de los problemas micro y macroeconómicos. Caso contrario existen empresas que, si están dispuestas a la utilización y monitoreo con el uso de tecnologías GPS, sin embargo, no saben cómo realizar el análisis de su ruta.

Debido a que para el análisis realizado se utilizaron estudios de caso, no es posible generalizar los resultados de todas las empresas de transporte de carga, sin embargo, funciona como pauta para que las empresas puedan expandir su panorama en el uso de dispositivos GPS y que no solo sean usados para seguridad de los vehículos.

Cabe destacar que a diferencia con la tecnología utilizada por ciertas aplicaciones móviles (*“Waze” “Google maps”*), las cuales utilizan la información generada por los equipos celulares en el tráfico para realizar sus cálculos sobre tiempos estimados y rutas alternas, con los GPS empleados sólo recolectan la información generada por un vehículo, y aunque con el subsecuente análisis de la información se pueden obtener resultados superiores a los de las aplicaciones, una futura línea de investigación puede ser enfocada a la unión de ambas tecnologías.

Para finalizar, las empresas deben estar en constante comunicación con sus choferes y diseñar una ruta optima en la cual se reduzcan la mayor cantidad de gastos de operación, ya que de lo contrario y como sucede en los casos que fueron analizados, el no tener una ruta formal que los choferes deban seguir o el dejar toda la libertad al chofer de improvisar la ruta siguiendo el orden de los clientes, genera que no se tenga un verdadero control de los gastos generados por la repartición del producto, así como más gastos de consumibles y generación de tráfico y contaminación.

6. Bibliografía

- Adams, T., Bekkem, K., & Toledo-Durán, E. (2012). Freight Resilience Measures. *Journal of Transportation Engineering*. Vol 138, 1403-1409.
- Akyol , D., & De Koster, R. (2018). Determining time windows in urban freight transport: A city cooperative approach. *Transportation Research Part E*. Vol (118), 34-50.
- Allen , J., Thorne , G., & Browne, M. (2007). *BESTUFS, Guía de Buenas Prrácticas sobre el Transporte Urbano de Mercancías*. . Rijswijk, Países Bajos: BESTUFS.
- Arroyo , J., Torres, G., González, J., & Hernández, S. (2018). Costos de operación base de los vehículos representativos del transporte interurbano 2018. *Instituto Mexicano del Transporte*, Publicacion técnica 526.
- Bakhtyar, S., & Holmgren, J. (2015). A data mining based method for route and freight estimation. *Procedia - Computer Science*. Vol(52), 396-403.
- Bassok, A., McCormack, E., Outwater, M., & Ta, C. (2011). Use of truck GPS data for freight forecasting. *TRB 90th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*. Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Ben- Akiva, M., Toledo, T., Santos, J., Cox, N., Zhao, F., Lee, Y., & Maranzo, V. (2015). Freight data collection using GPS and web-based surveys: insights from us truck drivers surveys and perspectives for urban freight. *Case studies on transport policy*. Vol(4), 38-44.
- Betanzo , E. (2017). *De la logística urbana a las políticas públicas en materia ambiental. Una propuesta basada en indicadores*. Santiago de Querétaro: Editorial Universitaria .

Betanzo, E. (2015). Perspectivas del crecimiento urbano, la actividad comercial minorista y el transporte de bienes en la Zona Metropolitana de Querétaro (México). *CIENCIA ergo-sum*. Vol. 22, 63-74.

Betanzo-Quezada, E., Romero-Navarrete, J., & Obregón-Biosca, S. (2012). Un referencial para evaluar la gestión pública en transporte urbano de carga. *Gestión y política pública*. Vol (22), 313-354.

Betanzo-Quezada, E., Torres-Gurrola, M., Romero-Navarrete, J., & Obregón-Biosca, S. (2016). Evaluación de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos con apoyo de dispositivos de rastreo satelital: análisis e implicaciones. *Revista internacional de contaminación ambiental*. Vol (32), 323-337.

Bolis, S., & Maggi, R. (2003). Logistics strategy and transport service choices: An adaptive stated preference experiment. *Growth and Change*. Vol.34 , 490-504.

Brown, A., & Sturza, M. (1995). *United States Patente nº 5379224*.

Castanedo, J., Pesquera, M., Casares-Hontañón, P., Coto-Millan, P., & Borissov, V. (2014). Efficient route of freight transport by road, evaluated with Innotransmer. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Vol(160), 634-643.

Castillo-Manzano, J., Castro-Nuño, M., & Fageda, X. (2016). Exploring the relationship between truck load capacity and traffic accidents in the European Union. *Transportation Research Part E*. Vol (88), 94-109.

Cordeau, J., Laporte, G., & Mercier, A. (2001). A unified tabu search heuristic for vehicle routing problems with time windows. *Journal of the operational research society*. Vol:(52)., 928-936.

Crainic, T., Ricciardi, N., & Storchi, G. (2004). Advanced freight transportation systems for congested urban areas. *Transportation Research Part C*. Vol (12), 119-137.

Dablanc, L. (2007). Goods transport in large European Cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transportation Research: Part A*. Vol (41), 280-285.

de la Torre, E., Martner, C., Moreno, E., Martínez, L., & Olivares, E. (2015). Herramienta para la evaluación del riesgo de robo en el autotransporte de carga. *Nova scientia*. Vol 7, 438-469.

Engström, R. (2016). The roads' role in the freight transport system. *Transportation Research Procedia*. Vol 14., 1443-1452.

Fleischer, P., Nelson, A., Sowah, R., & Bremang, A. (2012). Design and Development of GPS/GSM Based Vehicle Tracking and Alert System for Commercial Inter-City Buses. *Department of Computer Engineering, University of Ghana*, 1-6.

Gatta, V., & Marcucci, E. (2016). Stakeholder-specific data acquisition and urban freight policy evaluation: evidence, implications and new suggestions. *Transport Reviews*. Vol (36), 585-609.

Golden, B., Raghavan, S., & Wasil, E. (2008). *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*. New York: Springer.

Gudeira, M., Malhene, N., & Deschamps, J. (2016). Urban freight transport: From optimized routes to robust routes. *Transportation Research Procedia*. Vol (12), 413-424.

Hadavi, S., Verlinde, S., Verbeke, W., Macharis, C., & Guns, T. (2019). Monitoring urban-freight transport based on GPS trajectories of Heavy-Goods vehicles. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*. Vol (20), 3747-3758.

Hess, S., Quddus, M., Rieser-Schüssler, N., & Daly, A. (2015). Developing advanced route choice models for heavy goods vehicles using GPS data. *Transportation Research Part E*. Vol (77), 29-44.

Imagen Ford F-250. (15 de 07 de 2020). *Multia* . Obtenido de <https://autos.mitula.mx/autos/ford-super-duty-caja-automatica>

Imagen Nissan Np-300. (15 de 07 de 2020). Obtenido de Fibra de vidrio uno: <http://fibradevidriouno.com/caja-seca-para-nissan-economica/caja-seca-nissan-np300-3/>

Imagen Peugeot Partner. (15 de 07 de 2020). Obtenido de Mercado Libre: https://auto.mercadolibre.com.mx/MLM-781062388-peugeot-partner-2017-_JM

Imagen Renault Kangoo. (15 de 07 de 2020). Obtenido de <https://autos.mercadolibre.com.mx/renault/kangoo/kangoo-2007>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (09 de 10 de 2018). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía* . Obtenido de Vehículos de motor registrados en circulación:

http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=

Laranjeiro, P., Merchán , D., Godoy, L., Giannotti, M., Yoshizaki, H., Winkenbach, M., & Cunha, C. (2019). Using GPS data to explore speed patterns and temporal fluctuations in urban logistics: The case of São Paulo, Brazil. *Journal of transport geography*. Vol (76), 114-129.

Mundinger, J., & Waibel, M. (2016). *United States Patente nº 9261374 B2*.

Oka, H., Hagino, Y., Kenmochi, T., Tani, R., Nishi, R., Endo, K., & Fukuda, D. (2017). Predicting travel pattern changes of freight trucks in the Tokyo Metropolitan area based on the latest large-scale urban freight survey and route choice modeling. *Transportation Research Part E* . En prensa.

Orjuela-Castro, J., Suárez-Camelo, N., & Chinchilla-Ospina, Y. (2016). Costos logísticos y metodologías para el costeo en cadenas de suministro. *Cuadernos de Contabilidad*, Vol 17, 377- 420.

- Pokorny, P., Drescher, J., Pitera, K., & Jonsson, T. (2017). Accidents between freight vehicles and bicycles, with a focus on urban areas. *Transportation Research - Procedia*. Vol. 25, 999-1007.
- Ratliff, H., & Nulty, W. (1996). Logistics composite modeling. En A. Artiba, & S. Elmaghraby, *The planing and schedueling of production systems: Methodologies and applications*. (págs. 10-53). Boston, MA: Springer.
- Ros-McDonnell, L., de-la-Fuente-Aragón , M., Ros-McDonnell, D., & Cardós, M. (2018). Analysis of freight distribution flows in an urban functional area. *Cities*. Vol (79)., 159-168.
- Shankar, R., Choudhary, D., & Jharkharia, S. (2018). An integrated risk model: a case of sustainable freight transportation systems. *Transportation research part D*. Vol (63)., 662-676.
- Shao, S., Guan, W., & Bi, J. (2017). Electric vehicle-routing problem with charging demands and energy consumption. *IET intelligent transport Systems*. Vol: (12), 202-212.
- Swamy, S., & Baidur, D. (2014). Managing urban freight transport in an expanding city - Case study of Ahmedabad. *Research in Transportation Business & Management*. Vol (11), 5-14.
- Tong, Q., & Qiu, F. (2020). Population growth and land development: Investigating the bi-directional interactions. *Ecological Economics*, Vol 169, 106505.
- Toral, M., & Betanzo, E. (2017). *Reporte técnico N°19. Transporte urbano de carga. Aspectos normativos en materia ambiental y análisis de relamentos de tránsito*. . Queretaro : Centro Queretano de Recursos Naturales .
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The Vehicle Routing Problem*. Bologna, Italy: SIAM.

Yanhong , F., & Xiaofa, S. (2013). Research on freight truck operations characteristics based on GPS data. *Procedia - Social and behavioral sciences*. Vol (96), 2320-2331.

7. APÉNDICE

En esta sección se anexa información que completa el estudio anteriormente descrito, donde se muestran hojas de presentación a las empresas, mapas y ejemplos de como se generaron los datos.



Centro Universitario, a 11 de junio de 2019.

A QUIEN CORRESPONDA

Presente

Por este medio, me permito solicitarle su apoyo para la elaboración del proyecto titulado "Monitoreo de vehículos de carga en distribución urbana mediante dispositivos de posicionamiento global", el cual se presentará como tesis dentro de la Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad de la Facultad de Ingeniería de esta universidad.

El propósito es aplicar una metodología para estudiar las condiciones de operación de camiones de reparto tales como velocidad de operación, número y tiempo de paradas, recorridos totales, entre otras, en entornos urbanos.

En caso de recibir su apoyo, se le entregará un informe con un análisis de la operación de su empresa, lo cual puede ser de utilidad para mejorar sus procesos de distribución y con ello obtener ahorros en tiempo, combustible, y recursos humanos en aras de una mejor productividad.

Además, con los resultados también se espera proponer a las autoridades mejoras para la movilidad general de la Zona Metropolitana de Querétaro

Sin más por el momento y en espera de poder contar con su apoyo, me despido con un cordial saludo.

Ing. Juan Carlos Corral Ríos
Tesisista de Maestría
Matrícula 281311
Tel: (044) 871 235 1164

C.c.p. Dra Luz María Pérez Rea, Coordinadora de la Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres y Movilidad, Facultad de Ingeniería.

Figura. 7.1 Formato utilizado para presentación a empresas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.1 Ejemplo de reporte generado por los dispositivos. Fuente: Elaboración propia.

TK905-89070-History route details						
From:2020-03-05 05:53 To : 2020-03-06 11:53						
No.	Position time	Lat	Lon	Speed	Direction	Track way
1	05/03/2020 05:58	20.59995	-100.38782	0.03	0	GPS
2	05/03/2020 05:59	20.59995	-100.38782	0	0	GPS
3	05/03/2020 06:08	20.59999	-100.38781	2.57	0	GPS
4	05/03/2020 06:08	20.59996	-100.38782	0.29	0	GPS
5	05/03/2020 06:09	20.59996	-100.38782	0	0	GPS
6	05/03/2020 06:30	20.60011	-100.38765	0	0	GPS
7	05/03/2020 06:31	20.60009	-100.38768	0	0	GPS
8	05/03/2020 06:31	20.60009	-100.38768	0	0	GPS
9	05/03/2020 07:17	20.60005	-100.38754	0	0	GPS
10	05/03/2020 07:17	20.60006	-100.38756	0	0	GPS
11	05/03/2020 07:18	20.60006	-100.38756	0	0	GPS
12	05/03/2020 07:18	20.599	-100.389	22.2	217	GPS
13	05/03/2020 07:19	20.59947	-100.38969	25.68	354	GPS
14	05/03/2020 07:19	20.60058	-100.38937	15.92	99	GPS
15	05/03/2020 07:20	20.60067	-100.38824	17.46	87	GPS
16	05/03/2020 07:20	20.60067	-100.38824	17.46	87	GPS
17	05/03/2020 07:20	20.60073	-100.3869	0	178	GPS
18	05/03/2020 07:21	20.60008	-100.38646	26.66	70	GPS
19	05/03/2020 07:21	20.60086	-100.38443	0	67	GPS
20	05/03/2020 07:22	20.60098	-100.38404	25.4	76	GPS
21	05/03/2020 07:22	20.60066	-100.38144	8.85	100	GPS
22	05/03/2020 07:23	20.60034	-100.37881	44.87	103	GPS
23	05/03/2020 07:23	20.60034	-100.37881	44.87	103	GPS
24	05/03/2020 07:23	20.60016	-100.37644	0	73	GPS
25	05/03/2020 07:24	20.59927	-100.3753	39.76	145	GPS
26	05/03/2020 07:24	20.59742	-100.37345	8.61	136	GPS
27	05/03/2020 07:25	20.59742	-100.37345	0	135	GPS
28	05/03/2020 07:25	20.59701	-100.37304	24.85	137	GPS
29	05/03/2020 07:26	20.59528	-100.37133	34.85	130	GPS
30	05/03/2020 07:26	20.59528	-100.37133	34.85	130	GPS

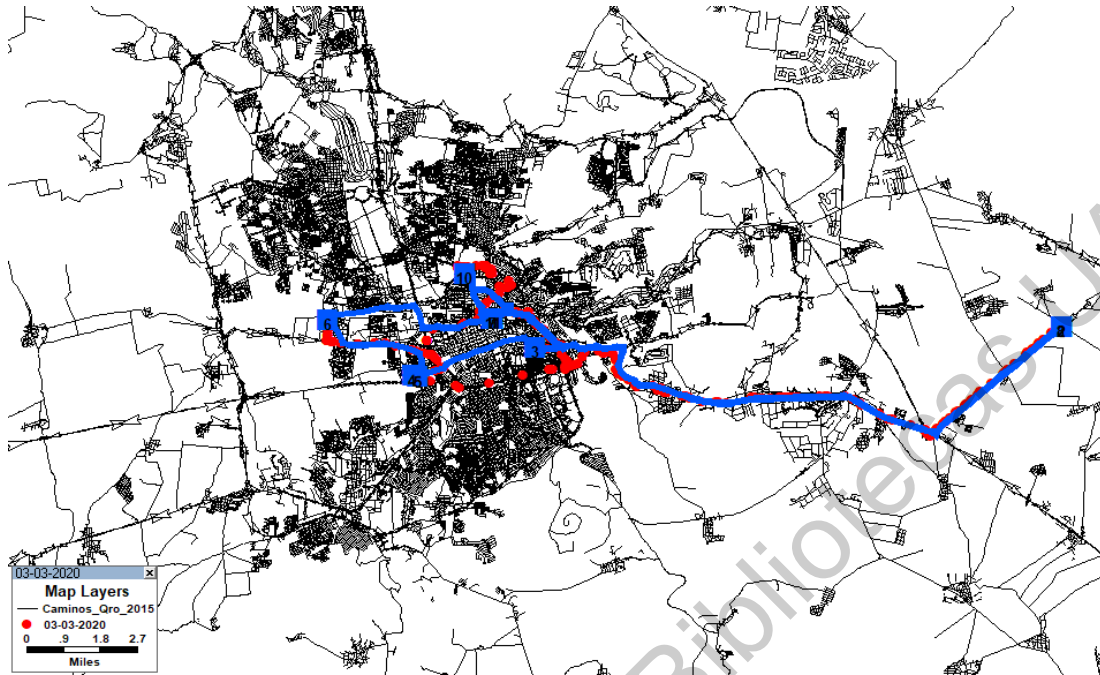


Figura. 7.2 Mapa de comparación entre ruta real y alterna ("Hielo San-her" Ford-F250):
Fuente Elaboración propia.

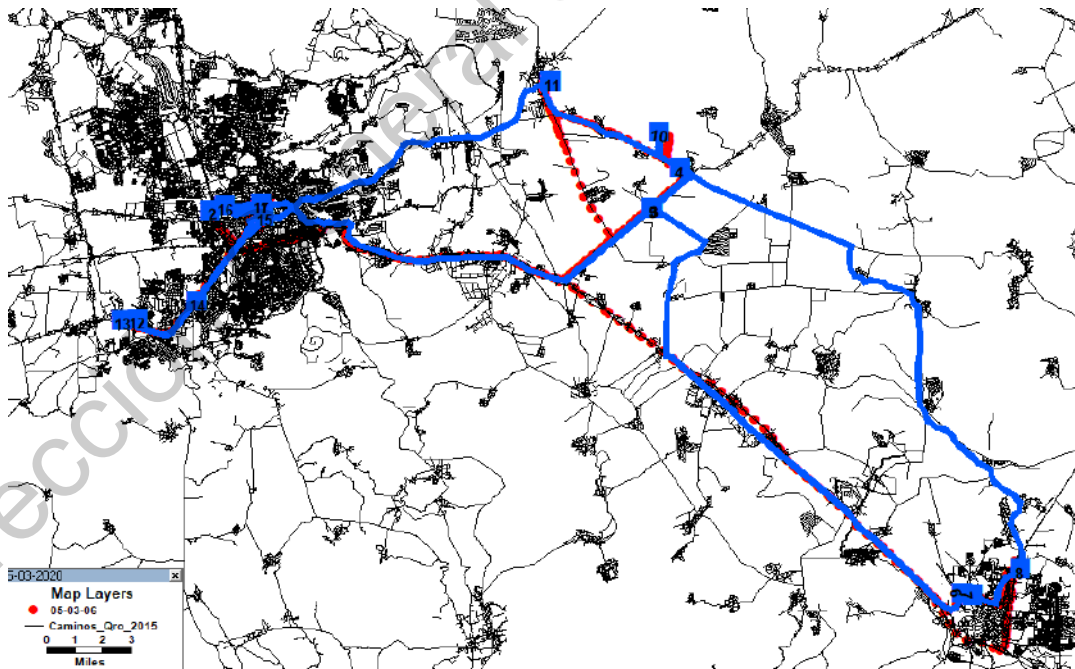


Figura. 7.3 Mapa de comparación entre ruta real y alterna ("Hielo San-her" Nissan Np300):
Fuente Elaboración propia.

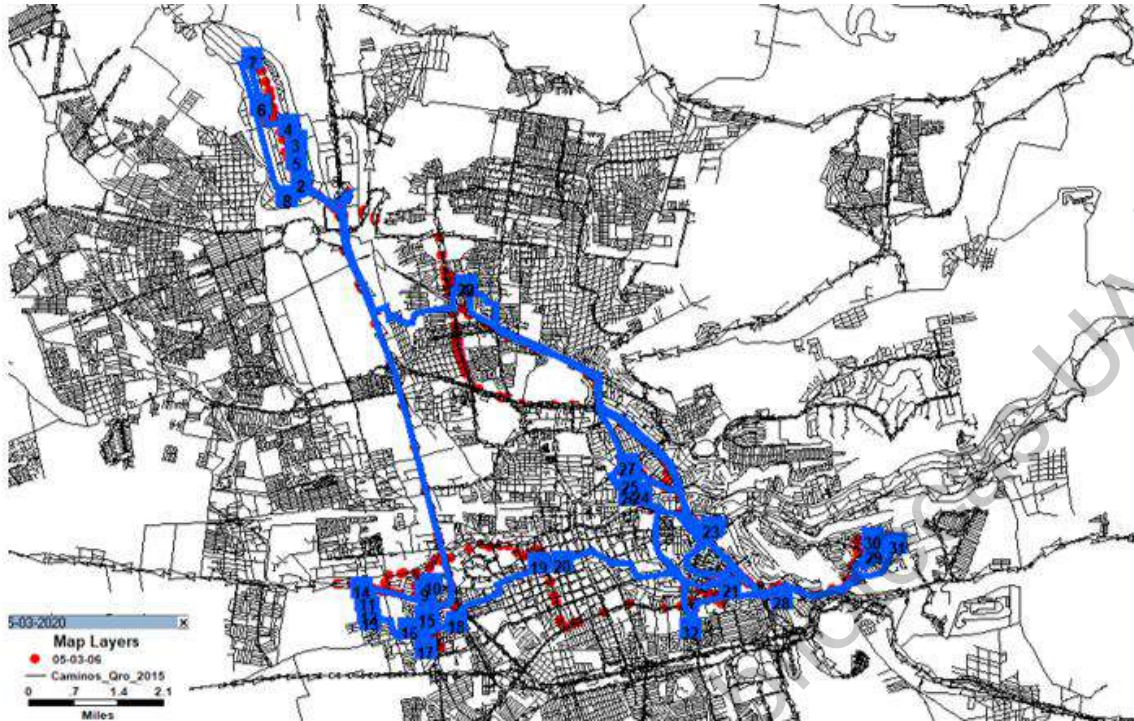


Figura. 7.4 Mapa de comparación entre ruta real y alterna ("Witts agua alcalina" Peugeot Partner): Fuente Elaboración propia.

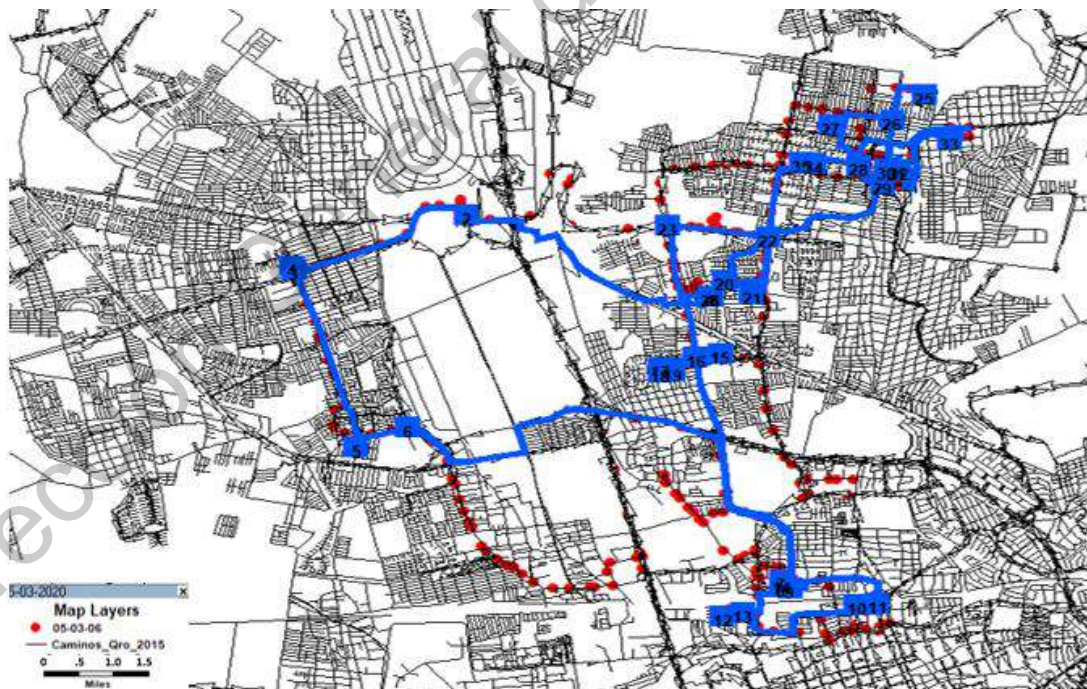


Figura. 7.5 Mapa de comparación entre ruta real y alterna ("Witts agua alcalina" Renault Kangoo): Fuente Elaboración propia.