



UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA
AUTOMOTRIZ

**Evaluación de la bicicleta eléctrica para entrega de
documentos y paquetería liviana en la ciudad de Cuenca**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Autores:

ALFREDO ISRAEL ARIAS ROJAS

OSCAR SEBASTIÁN SERRANO GUEVARA

Director:

GUSTAVO ANDRÉS ÁLVAREZ COELLO

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, quién guía mis pasos, luego a mis padres Alfredo y Sonia, quienes han sido el principal apoyo con su guía y enseñanzas, formando de esta manera la persona que soy al día de hoy. A mis dos hermanas, Jacky y Ximena y mis cuñados Carlos y Lucas, quienes de igual manera han sido un importante ejemplo de vida, calidad humana y perseverancia. También quiero dedicar este trabajo a mi abuelita Marina por formar parte de mi vida y brindarme todo su apoyo. Por último, a todas las personas que de una u otra manera han estado vinculadas conmigo y mi carrera universitaria.

Alfredo Israel.

A los pilares fundamentales en mi vida; Dios y la Virgen María, quienes son la razón de todo; mis padres, Oscar Serrano Muñoz y Jhoanna Guevara Maldonado, quienes siempre me han brindado su apoyo, tiempo y amor, además de ser ejemplo de constancia y trabajo; mi hermano, Christian Serrano Guevara, ejemplo de cariño, personalidad y dedicación; finalmente a toda mi familia y amigos, quienes de una u otra forma han sabido demostrarme su apoyo a lo largo de este objetivo, que hoy, acabo de cumplir.

Oscar Sebastián.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres y hermanas, por todo su apoyo brindado ya que fueron la base para lograr concluir mi carrera profesional. Un especial agradecimiento al Ing. Gustavo Álvarez, amigo y profesor, quién como director de tesis, fue guía para finalizar este trabajo. De igual manera agradezco a todos mis profesores, que a través de los años me fueron brindando sus enseñanzas, para a través de las mismas ir realizando este trabajo y poder culminar mi carrera universitaria

Alfredo Israel.

A Dios y a mis padres por haberme dado la oportunidad de estudiar y hoy terminar mi carrera universitaria; a todo el personal docente que estuvo a lo largo de la misma, de manera especial a mis profesores, Ing. Mateo Coello, Ing. Robert Rockwood e Ing. Gustavo Álvarez quienes siempre han estado presentes en el desarrollo de varios de mis proyectos académicos; a este último, gracias por su apoyo, tiempo y aporte de conocimientos al desarrollo de este trabajo.

Oscar Sebastián.

Al Sr. Gonzalo Apolo, gerente de la empresa Rapid Service Cía. Ltda., y a los repartidores, Santiago y Rolando, por su aporte, apoyo, colaboración y paciencia en la medición de datos para el desarrollo de este trabajo. A nuestros amigos, Christian Astudillo, Paulo Frías y Byron Romero por su ayuda desinteresada en el proceso de recolección de datos. Finalmente, a nuestro director y amigo, Ing. Gustavo Álvarez, gracias por su apoyo, tiempo, paciencia y dedicación para la elaboración y culminación del presente proyecto.

Alfredo Israel.

Oscar Sebastián.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

GENERALIDADES	2
1.1 Problemática.....	2
1.1.1 Crecimiento y demanda energética del parque automotor en Ecuador..	2
1.1.2 Emisiones de CO ₂ por el sector transporte en Ecuador y en Cuenca.....	4
1.1.3 Servicio de envío y entrega de correspondencias.	6
1.2 Marco teórico.....	8
1.2.1 Bicicleta eléctrica.....	8
1.2.2 Entrega de documentos y paquetería.....	9
1.3 Estado del arte.	10
1.4 Empresa asociada – Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía Ltda.....	15
1.4.1 Razón social.	15
1.4.2 Dirección.....	15
1.4.3 Misión.	15
1.4.4 Visión.....	15

1.4.5	Organigrama.....	16
1.4.6	Datos generales.	16
1.4.7	Logística de entrega.	17
1.5	Pregunta de investigación.....	19
1.6	Objetivo general.	19
1.7	Objetivos específicos.....	19
1.8	Alcance.....	20

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS..... 21

2.1	Materiales.	21
2.1.1	Motocicleta de entrega de documentos y paquetería liviana utilizada por Rapid Service Cía Ltda.....	21
2.1.2	Bicicletas eléctricas.....	22
2.1.3	GPS – recolector de datos de recorrido.....	24
2.1.4	Medidor de consumo de energía eléctrica.....	26
2.2	Metodología.....	27
2.2.1	Selección de lugares de entrega.	27
2.2.2	Recolección de datos.....	28
2.2.3	Preparación de datos entregados por los instrumentos GPS.	29
2.2.4	Tratamiento de datos.....	30
2.2.5	Datos adicionales.	32
2.2.6	Dinámica del vehículo.....	33
2.2.7	Consumo energético.....	42
2.2.8	Emisiones de CO ₂	43
2.2.9	Costos.....	45

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
3.1 Resultados.....	51
3.1.1 Entrega de correspondencias de Rapid Service Cía Ltda.....	51
3.1.2 Ruta y lugares frecuentes de entrega.....	52
3.1.3 Tiempo de traslado.....	56
3.1.4 Consumo de energía.....	59
3.1.5 Emisiones de CO ₂	61
3.1.6 Estimación de costos.....	62
3.2 Discusión.....	64
3.2.1 Tiempo de traslado.....	64
3.2.2 Consumo de energía.....	65
3.2.3 Emisiones de CO ₂	65
3.2.4 Costos.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1.1. Cantidad de vehículos motorizados matriculados en Ecuador en los últimos años.	2
Figura 1.2. Consumo energético por sectores estratégicos en Ecuador.	3
Figura 1.3. Consumo del sector transporte por tipo de fuente.	3
Figura 1.4. Emisiones de CO ₂ por actividad en Ecuador.	5
Figura 1.5. Emisiones de CO ₂ por actividad en Cuenca.	5
Figura 1.6. Emisiones de CO ₂ por tráfico vehicular en Cuenca [ton/año] durante los años 2007, 2009 y 2011.	6
Figura 1.7. Bicicleta eléctrica de carga utilizada por Deutsche Post (DHL).	7
Figura 1.9. Entregas en bicicleta a inicios del siglo XX.	9
Figura 1.10. Uso de sistema Ecobici de Ciudad de México en una semana.	10
Figura 1.11. Bicicleta eléctrica de carga usada en el proyecto “Ich Ersetze Ein Auto”.	11
Figura 1.12. Proceso de logística de servicios de entrega.	12
Figura 1.13. Ubicación y empresa Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía. Ltda. en Cuenca.	15
Figura 1.14. Organigrama de Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía. Ltda.	16
Figura 1.15 Diagrama de flujo para entrega de correspondencias de Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía Ltda.	17
Figura 1.16. Distribución de camioneta y camiones de entrega de Rapid Service Cía. Ltda.	17
Figura 1.17. Distribución alterna #1 de áreas de movilidad de camioneta y camiones de entrega de Rapid Service Cía. Ltda. en la ciudad de Cuenca.	18
Figura 1.18. Distribución alterna #2 de áreas de movilidad de camioneta y camiones de entrega de Rapid Service Cía. Ltda. en la ciudad de Cuenca.	18

Figura 1.19. Distribución de áreas de movilidad para motocicletas de entrega de Rapid Service Cía. Ltda. en la ciudad de Cuenca.	19
---	----

Capítulo II

Figura 2.1. Componentes bicicleta eléctrica “ecológica suspensión”.....	23
Figura 2.2. Componentes bicicleta eléctrica importada.	23
Figura 2.3. Motocicleta y bicicleta eléctrica equipadas con GPS	26
Figura 2.4. Pendientes en la ciudad de Cuenca.....	27
Figura 2.5. Bicicletas eléctricas equipadas con caja para transporte de carga.	28
Figura 2.6. Exportación de datos entregados por GPS Vbox sport a través de software “PerformanceBox”.	29
Figura 2.7. Visualización y exportación de datos entregados por GPS Qstarz a través de software “Qtravel”.....	30
Figura 2.8. Obtención de valores de GPS Vbox Sport segundo a segundo.	30
Figura 2.9. Gráfica comparativa de datos de velocidad suavizados.	32
Figura 2.10. Pendiente del terreno.	33
Figura 2.11. Fuerzas que actúan en la motocicleta.	34
Figura 2.12. Coeficientes aerodinámicos, área frontal y coeficiente de resistencia a la rodadura para bicicletas.....	36
Figura 2.13. Medición de presión de inflado de neumáticos.	39

Capítulo III

Figura 3.1. Ruta y lugares de entrega de motocicleta de entrega #1 de Rapid Service Cía Ltda.....	54
Figura 3.2. Ruta y lugares de entrega de motocicleta de entrega #2 de Rapid Service Cía Ltda.....	56
Figura 3.3. Tiempo de recorrido de entrega de motocicleta #1 y bicicletas eléctricas.	57
Figura 3.4. Tiempo de recorrido de entrega de motocicleta #2 y bicicletas eléctricas.	59

Figura 3.5. Consumo energético promedio durante recorridos de entrega de motocicleta #1 y bicicletas eléctricas.....	60
Figura 3.6. Consumo energético promedio durante recorridos de entrega de motocicleta #2 y bicicletas eléctricas.....	61
Figura 3.7. Emisiones de CO ₂ durante los recorridos de entrega.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo I

Tabla 1-1. Características de bicicletas eléctricas utilizadas en el proyecto “Pro e-bike”.....	13
Tabla 1-2. Resumen de resultados obtenidos tras el desarrollo del proyecto “Pro e-bike”.....	14
Tabla 1-3. Datos de empresa Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía. Ltda.	16

Capítulo II

Tabla 2-1. Especificaciones técnicas Honda Cargo 150 cm ³	21
Tabla 2-2. Especificaciones bicicleta eléctrica “ecológica suspensión”.....	22
Tabla 2-3. Especificaciones bicicleta eléctrica importada.	24
Tabla 2-4. Especificaciones GPS Vbox sport.	25
Tabla 2-5. Especificaciones GPS Qstarz Q1000-XT.	25
Tabla 2-6. Especificaciones de medidor de consumo de energía eléctrica.	26
Tabla 2-7. Factores de emisión de CO ₂ para diferentes tipos de vehículos según la EPA.	44
Tabla 2-8. Tarifas de comercialización de gasolina en Ecuador.....	48
Tabla 2-9. Tarifa de consumo de energía eléctrica en Ecuador para el año 2017.....	49

Capítulo III

Tabla 3-1. Resumen de promedio de correspondencias entregadas por Rapid Service Cía Ltda. durante la recolección de datos	52
Tabla 3-2. Lugares de entrega de correspondencias de la motocicleta #1 de Rapid Service Cía Ltda.....	53
Tabla 3-3. Lugares de entrega de correspondencias de la motocicleta #2 de Rapid Service Cía Ltda.....	55
Tabla 3-4. Cantidad y tiempo de recorridos en diferentes rangos de distancia entre lugares de entrega de la motocicleta #1.	57

Tabla 3-5. Cantidad y tiempo de recorridos en diferentes rangos de distancia entre lugares de entrega de la motocicleta #2.	58
Tabla 3-6. Variables de consumo energético para motocicleta de entrega #1 y bicicletas eléctricas.....	59
Tabla 3-7. Variables de consumo energético para motocicleta de entrega #2 y bicicletas eléctricas.....	60
Tabla 3-8. Consumo promedio de energía eléctrica durante carga de batería de bicicletas.....	61
Tabla 3-9. Emisiones de CO ₂ promedio en recorridos de entrega.	62
Tabla 3-10. Estimación de costos por tiempo de entrega.....	63
Tabla 3-11. Costos de consumo de combustible para la motocicleta de entrega.	63
Tabla 3-12. Costos de consumo de energía eléctrica para la carga de batería de las bicicletas eléctricas.....	63
Tabla 3-13. Proyección de cantidad de emisiones de CO ₂ para recorridos de entrega de correspondencias.	66
Tabla 3-14. Costo total promedio diario por tiempo de traslado en recorridos de entrega de correspondencias.	66
Tabla 3-15. Costos por consumo energético en motocicleta y bicicleta eléctrica para recorridos de entrega.	67
Tabla 3-16. Resumen de costos anuales comparando la motocicleta de entrega de Rapid Service Cía Ltda. y la bicicleta eléctrica.	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cantidad de correspondencias entregadas durante el periodo de recolección de datos.....	79
Anexo 2. Datos resumen de recorridos a diferentes lugares de entrega durante recolección de datos.	80
Anexo 3. Lugares de entrega de motocicletas durante la recolección de datos.	82
Anexo 4. Modelos de plantillas de cálculo de Excel.	84
Anexo 5. Modelos de plantillas resumen en Excel.	87
Anexo 6. Datos adicionales.....	90

RESUMEN

EVALUACIÓN DE LA BICICLETA ELÉCTRICA PARA ENTREGA DE DOCUMENTOS Y PAQUETERÍA LIVIANA EN LA CIUDAD DE CUENCA.

El presente estudio realiza una recopilación bibliográfica sobre el uso de medios de transporte sostenible para la entrega de documentos y paquetería liviana en diferentes ciudades del mundo, en donde se obtienen resultados positivos en cuanto a costos y emisiones contaminantes. De acuerdo a esos casos de estudio; se realiza un análisis en la empresa local Rapid Service Cía Ltda., donde se evalúa simultáneamente su motocicleta de entrega contra dos bicicletas eléctricas; obteniéndose un consumo energético 12 veces menor; y, 18 veces menos emisiones de CO₂. Se concluye así que la bicicleta eléctrica sí puede ser utilizada para la entrega de correspondencias en las áreas urbanas de la ciudad.

Palabras clave. Bicicleta eléctrica, consumo energético, costos, emisiones de CO₂, entrega de paquetería, motocicleta, movilidad alternativa.



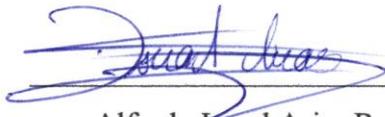
Ing. Gustavo Álvarez Coello

Director del Trabajo de Titulación



Ing. Mateo Coello Salcedo

Coordinador de Escuela



Alfredo Israel Arias Rojas



Oscar Sebastián Serrano Guevara

Autores

ABSTRACT

EVALUATION OF THE ELECTRIC BICYCLE FOR THE DELIVERY OF DOCUMENTS AND LIGHT PARCELS IN THE CITY OF CUENCA.

This study performed a bibliographical collection on the use of sustainable means of transport for the delivery of documents and light parcels in different cities of the world. Positive results in terms of costs and pollutant emissions were obtained. According to these case-studies, an analysis was carried out at a local company named Rapid Service Cía Ltda. A simultaneous evaluation of its delivery motorcycle versus two electric bicycle was conducted, obtaining 12 times less energy consumption, and 18 times less CO2 emissions. It was concluded that the electric bicycle can be used for mail delivery in the urban areas of the city.

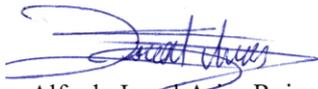
Keywords: electric bicycle, energy consumption, costs, CO2 emissions, parcel delivery, motorcycle, alternative mobility.



Ing. Gustavo Álvarez Coello
Thesis Director



Ing. Mateo Coello Salcedo
School Coordinator



Alfredo Israel Arias Rojas



Oscar Sebastián Serrano Guevara

Authors



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Arias Rojas Alfredo Israel

Serrano Guevara Oscar Sebastián

Trabajo de titulación

Ing. Gustavo Andrés Álvarez Coello. MSc

Septiembre, 2017

EVALUACIÓN DE LA BICICLETA ELÉCTRICA PARA ENTREGA DE DOCUMENTOS Y PAQUETERÍA LIVIANA EN LA CIUDAD DE CUENCA

INTRODUCCIÓN

Los líderes mundiales en producción y venta de bicicletas eléctricas son China y Japón, pues al año se venden más de 35 millones de unidades; mientras que en países europeos como Alemania, Dinamarca, Inglaterra, Países Bajos y Suiza ha aumentado su popularidad, por ejemplo, en Países Bajos, en los últimos ocho años la venta de bicicletas eléctricas aumentó en un 228%, es decir, de 84.000 unidades vendidas en 2007, se llegaron a vender 276.000 en 2015; el uso de la bicicleta eléctrica está asociado con recorridos de mayores distancias que en una bicicleta convencional por lo que esta tiene mayor oportunidad para reemplazar al uso de modos de transporte motorizados (Kroesen, 2017).

Es también en ciudades europeas donde se han desarrollado iniciativas o proyectos que promuevan el uso de este vehículo para realizar servicios de entrega de correspondencias en zonas urbanas, pues se quiere que para el año 2030 las emisiones de CO₂ por servicios logísticos urbanos hacia el medio ambiente sean nulas; además, se ha determinado que aproximadamente el 51% de entregas de correspondencias que se realizan en vehículos motorizados pueden hacerse en una bicicleta (Benedicte & Rzewnicki, 2015).

Este cambio de vehículos motorizados a bicicletas eléctricas para la entrega de correspondencias podría hacerse sin aumentar los costos globales y reduciendo externalidades sociales (Conway & Koning, 2016).

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Problemática.

En este punto se describen los aspectos principales que influyen en la alternativa de utilizar una bicicleta eléctrica como medio de transporte de documentos y paquetería liviana.

1.1.1 Crecimiento y demanda energética del parque automotor en Ecuador.

Según el Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC), en los últimos años en Ecuador el parque automotor ha experimentado un crecimiento promedio de 14.57%, teniendo que en el año 2015 se matricularon más del doble de vehículos motorizados a nivel nacional que en el año 2008 y el triple de vehículos que en el año 2000 (INEC, 2016).

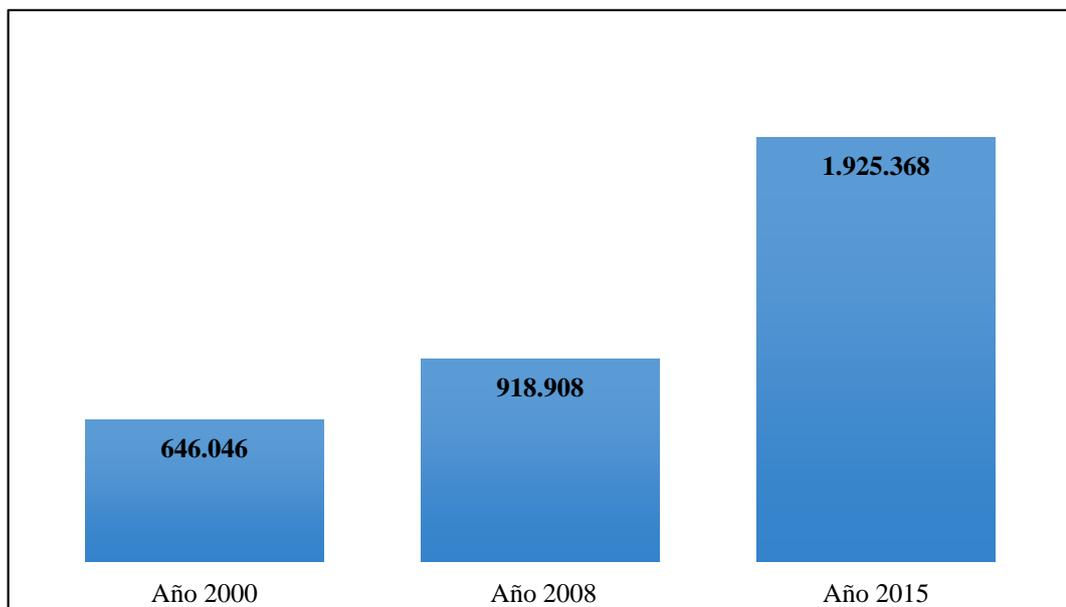


Figura 1.1. Cantidad de vehículos motorizados matriculados en Ecuador en los últimos años.
Fuente. (INEC, 2016).

Este crecimiento implica el aumento de la demanda energética en Ecuador y que, por ende, según el Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, MICSE, el sector

donde más consumo de energía exista sea el de transporte, constituyendo aproximadamente un 42% del total de la demanda. Además, la gasolina y diésel (combustibles más utilizados por los vehículos motorizados) representan el 86% de la fuente de energía utilizada por el sector transporte, mientras que la electricidad constituye solamente el 0,01% (MICSE, 2016).

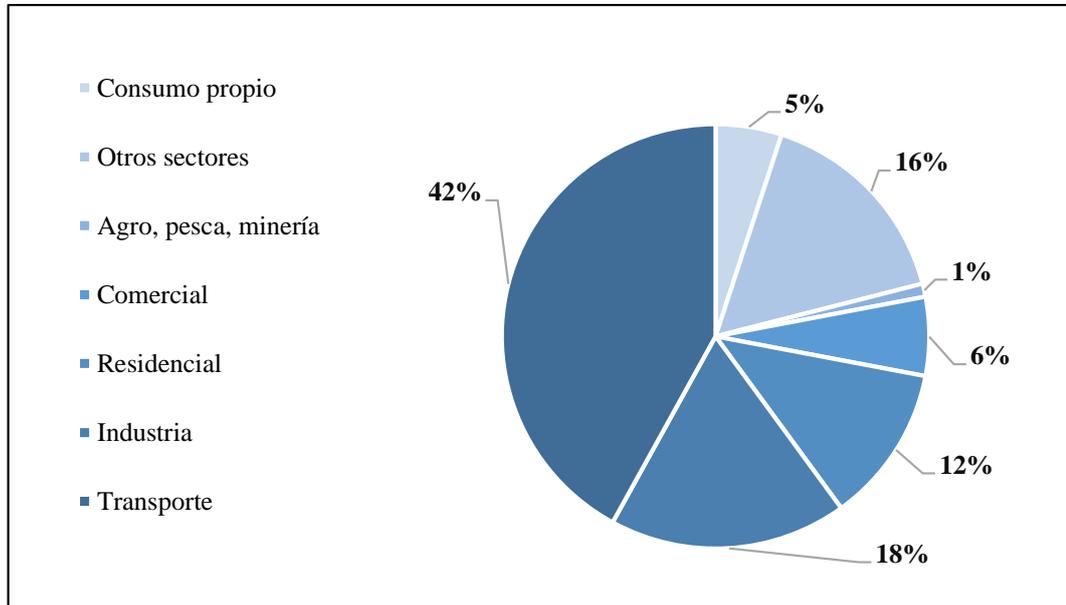


Figura 1.2. Consumo energético por sectores estratégicos en Ecuador.
Fuente. (MICSE, 2016).

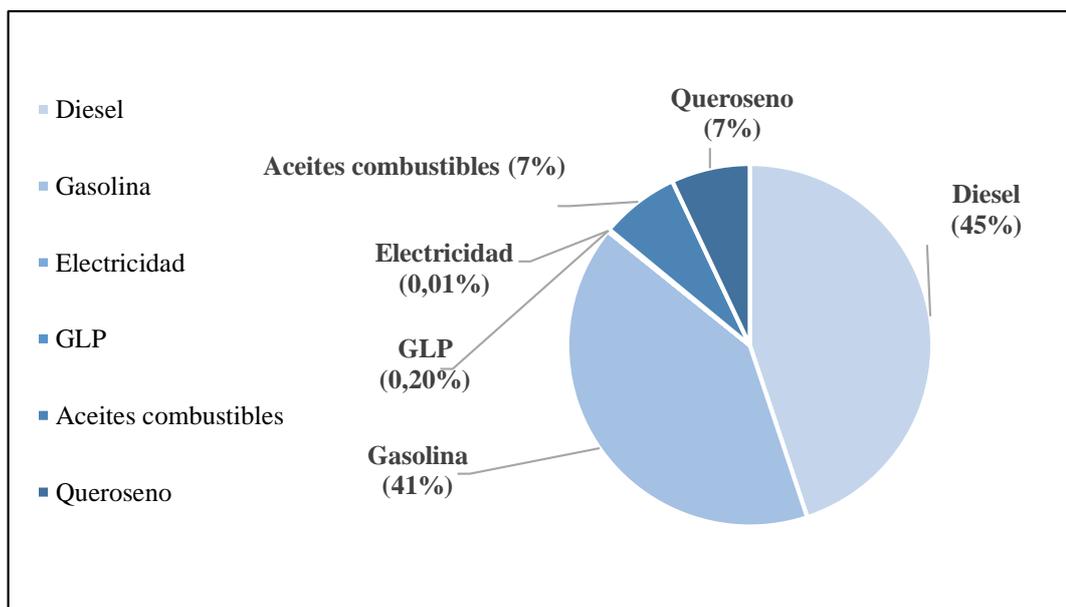


Figura 1.3. Consumo del sector transporte por tipo de fuente.
Fuente. (MICSE, 2016).

La ciudad de Cuenca no es la excepción, su parque automotor ha tenido un crecimiento promedio del 6% en los últimos 4 años; llegando a tener aproximadamente 90.000 vehículos matriculados en la ciudad, aunque la Empresa Pública de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca, EMOV, señala que diariamente circulan en la misma aproximadamente 110.000 vehículos motorizados (EMOV, 2016).

1.1.2 Emisiones de CO₂ por el sector transporte en Ecuador y en Cuenca.

“El principal gas de efecto invernadero (GEI), generado por las tareas e intervenciones productivas del ser humano es el dióxido de carbono (CO₂); este gas conforma aproximadamente el 75% del total de emisiones de GEI en la atmósfera, las cuales proceden de fuentes fijas como las industrias, así como de fuentes móviles como el parque vehicular” (Cantú, 2014).

Los gases de efecto invernadero absorben el calor del sol reflejado en la superficie de la tierra y lo retienen, manteniendo así al planeta caliente y habitable para los seres vivos; sin el efecto invernadero, la temperatura media de la Tierra sería de -18°C (Peris, 2003).

En la actualidad, según el Protocolo de Kioto, 1997; y el Acuerdo de París, 2015; la mayoría de países se encuentran comprometidos para combatir el cambio climático, por ende, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero; pues en los últimos años se ha dado un incremento paulatino de la temperatura media del planeta (Cantú, 2014).

Como se explicó anteriormente, el crecimiento del parque vehicular además de provocar incremento de tráfico y tiempo de traslado, también se deriva en aumento de emisiones de varios contaminantes hacia el ambiente por parte de las fuentes móviles, sobre todo del CO₂, que en el sector transporte figura un 39% del total de sus emisiones con un aumento del 4,5% anual (MICSE, 2016).

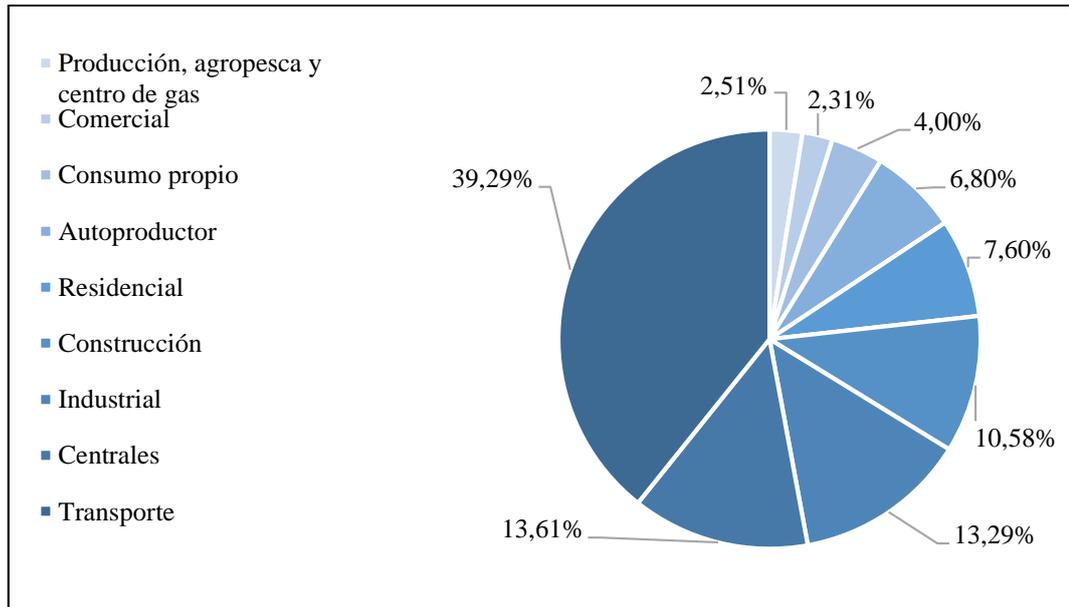


Figura 1.4. Emisiones de CO₂ por actividad en Ecuador.
Fuente. (MICSE, 2016)

Además, en Cuenca el tráfico vehicular representa el 49% de emisiones de CO₂, las cuales entre los años 2007 y 2009, y, 2009 y 2011 aumentaron en un 12% durante cada periodo (EMOV, 2014).

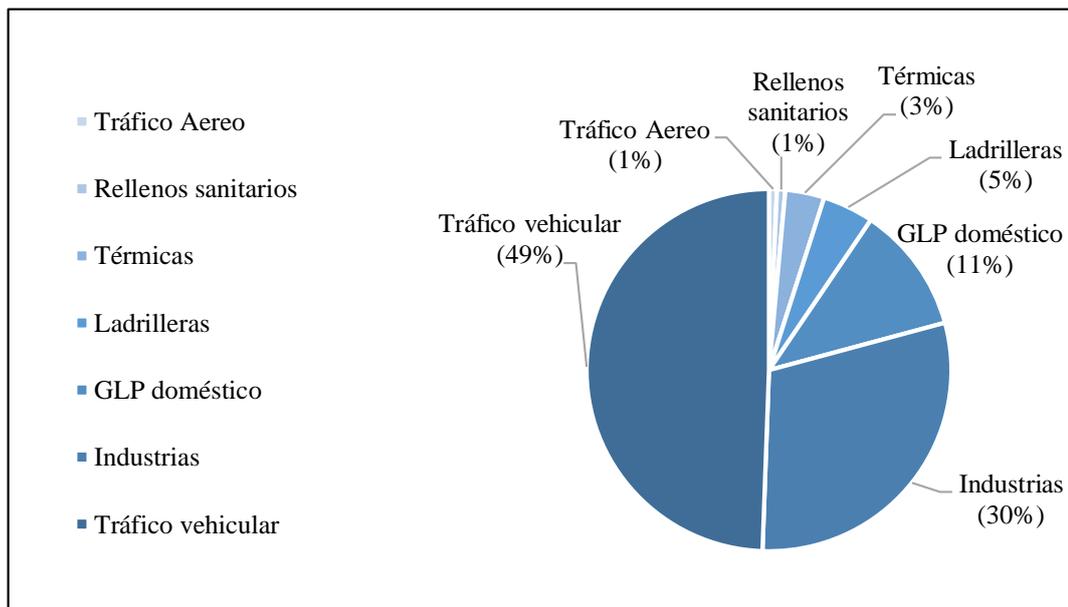


Figura 1.5. Emisiones de CO₂ por actividad en Cuenca.
Fuente. (EMOV, 2014)

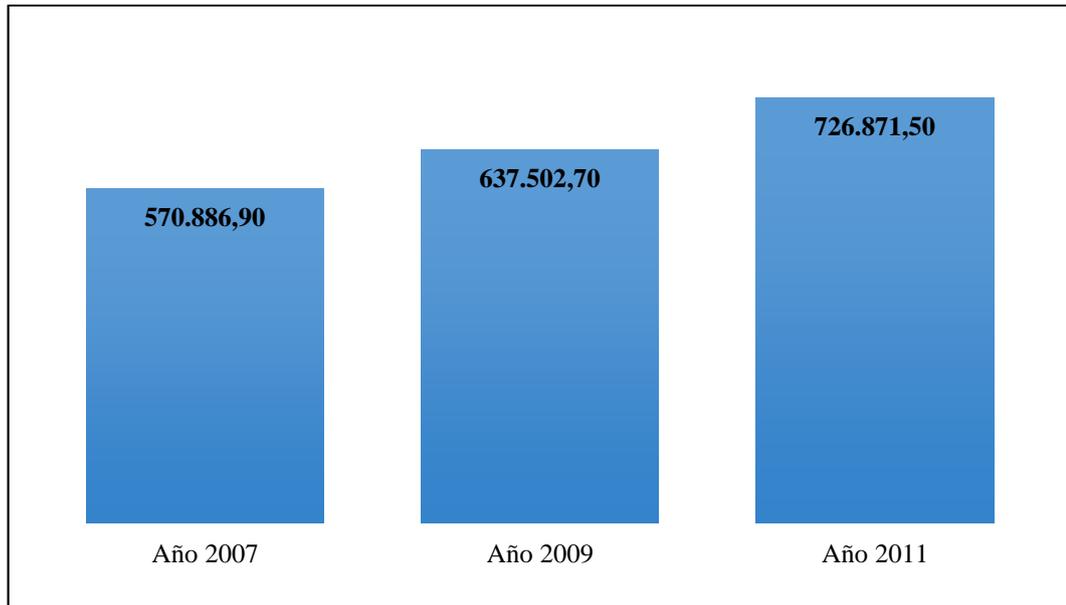


Figura 1.6. Emisiones de CO₂ por tráfico vehicular en Cuenca [ton/año] durante los años 2007, 2009 y 2011.

Fuente. (EMOV, 2014)

1.1.3 Servicio de envío y entrega de correspondencias.

El servicio de envío, recepción y entrega de correspondencias y paquetes, tiene una tasa de crecimiento del 2,9% anual, aproximadamente tres millones de empleados y 768 mil establecimientos alrededor del mundo; generado USD. 256 mil millones en ingresos al año (IBISWorld, 2016).

Los líderes mundiales en esta actividad son: *United Parcel Service of America (UPS)*, *FedEx Corporation* y *Deutsche Post (DHL)*; las cuales abarcan más del 50% del mercado mundial (IBISWorld, 2016); además, todas las compañías dedicadas a esta actividad económica utilizan vehículos motorizados dentro de su dinámica empresarial, aunque en muchas de ellas, en la actualidad, se ha impulsado el uso de medios de transporte alternativos (Potvin, Sysoeva, Rai, & Colomb, 2016).



Figura 1.7. Bicicleta eléctrica de carga utilizada por Deutsche Post (DHL).
Fuente. (DHL, 2015).

Empresas que brindan los servicios de entrega de documentos y paquetería se encuentran presentes desde hace varios años en Ecuador, las cuales aumentaron en cantidad y mejoraron la calidad de sus servicios a partir del incremento de remesas y envíos desde el extranjero entre los años 2002 y 2005 (Cárdenas, 2012). Es así, que hasta el año 2005, según la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (Supercías), existían a nivel nacional 233 empresas dedicadas a estas actividades, sin embargo, esta cifra se ha duplicado en la actualidad, llegando a tener alrededor de 500 empresas que brindan servicios afines al envío, recepción y entrega de documentos y paquetería a nivel nacional; mientras que en Cuenca existen 31 empresas dedicadas a este fin (Supercías, 2017).

Dentro de las principales compañías que brindan estos servicios a nivel nacional y local como: Servientrega Ecuador S.A, Correos del Ecuador, DHL, etc., se utilizan vehículos motorizados (camiones y motocicletas) como medio de transporte, sin embargo, ninguna de dichas empresas utiliza una bicicleta convencional y mucho menos eléctrica para realizar sus actividades.

1.2 Marco teórico.

1.2.1 Bicicleta eléctrica.

Una bicicleta eléctrica es un vehículo de propulsión humana que además usa un motor eléctrico de hasta 250W de potencia que brinda asistencia para alcanzar velocidades de hasta 25km/h según homologaciones europeas, Directiva de Unión Europea 2002/24/EC relativa a la homologación de los vehículos de motor de dos o tres ruedas, (Johnson & Rose, 2015; UE, 2002), aunque en el mercado estadounidense se tienen bicicletas eléctricas con motores de mayor potencia y rango de velocidad (Rose, 2012). En comparación con una bicicleta convencional, conducir una bicicleta eléctrica requiere menor esfuerzo físico lo que deriva en menos tensión muscular y esfuerzo cardiovascular por parte del ciclista (Theurel, Theurel, & Lepers, 2012).

En la Figura 1.8 se observa una bicicleta eléctrica comercializada en Europa, la misma que fue utilizada en la iniciativa “Pro e-bike” (Nocerino, Colorni, Lia, & Luè, 2016) para realizar entrega de correspondencias, obteniendo resultados positivos los cuales se explicarán brevemente, la bicicleta consta de un motor eléctrico de 250 W de potencia nominal, puede alcanzar una velocidad máxima de 25 km/h, y autonomía de 75 km entre otras características (Winora, 2016).



Figura 1.8. Bicicleta eléctrica europea.
Fuente. (Winora, 2016)

1.2.2 Entrega de documentos y paquetería.

También conocido como servicio de courier, consiste en el envío y/o recepción de documentos o paquetes de un tamaño o peso limitado a un determinado costo, que puede ser distribuido a nivel nacional e internacional según los requerimientos del cliente. Este servicio se caracteriza por tener la velocidad, seguridad, especialización y personalización de los servicios valorados en el proceso y ejecución del reparto; este no va solo dirigido al público en general, sino también a entidades públicas, privadas, financieras, etc., que quieran realizar envíos de forma rápida y segura. Es por eso que la mayor parte de usuarios de este servicio consiste en negocios privados (Potvin et al., 2016).

La logística de las empresas que prestan el servicio de entrega de documentos y paquetería se desarrolla de la siguiente manera: desde el punto de origen se envía la correspondencia hacia el lugar de destino (país de recepción); luego se transporta al establecimiento de distribución (ciudad de entrega) y es en este donde se determina el método de entrega de la correspondencia al destinatario final (consumidor).

El concepto de entrega de correspondencias en bicicleta no es nuevo, pues a inicios del siglo XX ya se aplicaba en varias ciudades del mundo; en contraste con la situación actual, la atención se centró en la velocidad; pues, la sostenibilidad no era un problema en ese entonces (Maes & Vanelslander, 2012).



Figura 1.9. Entregas en bicicleta a inicios del siglo XX.
Fuente. (The Saturday Evening Post, 1921)

1.3 Estado del arte.

La bicicleta ha tenido gran aceptación como alternativa de movilidad en varias ciudades del mundo; entre ellas, Ciudad de México que adoptó el sistema Ecobici en 2011 y que en la actualidad tiene más de 30 mil usuarios al día, evitando en los tres últimos años la emisión de 2.455 toneladas de CO₂ hacia el ambiente, equivalente a la plantación de 7.000 árboles (SEDEMA, 2016).

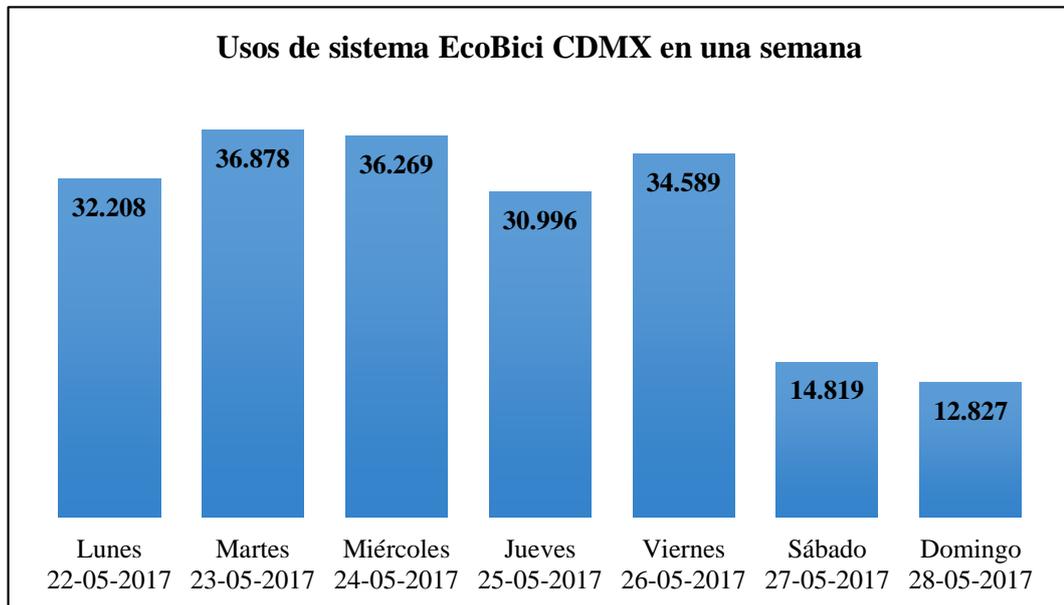


Figura 1.10. Uso de sistema Ecobici de Ciudad de México en una semana.
Fuente. (Ecobici, 2017)

El uso de bicicletas públicas es un éxito en movilidad en París, Barcelona, Nueva York y otras grandes ciudades de Europa y Estados Unidos. Además, es en estos lugares donde se han realizado proyectos que analizan la factibilidad de los servicios de entrega en bicicleta; pues se quiere que en el año 2030 sean nulas las emisiones de CO₂ ocasionadas por vehículos que prestan estos servicios; en adición, se ha llegado a la conclusión que el 51% de entregas de correspondencias que se realizan en vehículos motorizados pueden hacerse en bicicleta (Benedicte & Rzewnicki, 2015).

En ciudades brasileñas como Río de Janeiro, Sao Paulo, Curitiba, etc., “Ecobike courier” es una empresa que realiza los servicios de entrega de correspondencias en bicicletas convencionales e indica que aproximadamente ejecuta 1.000 entregas mensuales representando un ahorro de 17 toneladas de emisiones de CO₂ al ambiente desde su apertura en julio de 2011; además indican que este modo de transporte de paquetería indica un ahorro de 30% en costos comparándolo el método tradicional (Ecobike, 2017).

Varios estudios han examinado el uso de bicicletas para el transporte de correspondencias en zonas urbanas, por ejemplo “¿Un nuevo vehículo para el transporte urbano? Evaluación de bicicletas eléctricas de carga en servicios de mensajería” de (Gruber, Kihm, & Lenz, 2014), indica que en ciudades alemanas como Berlín, Hamburgo, Múnich, Leipzig, Bremen y Mainz se analizó la iniciativa que hasta la actualidad se lleva a cabo “Ich Ersetze Ein Auto” traducido a “Yo sustituyo al auto” donde se utilizan bicicletas eléctricas de carga “*e-cargo bikes*” de hasta 100 km de autonomía y capacidad de carga de hasta 100 kg, equipadas con una caja de 78 cm x 48 cm x 47 cm para transportar la carga tal como se observa en la Figura 1.11.



Figura 1.11. Bicicleta eléctrica de carga usada en el proyecto “Ich Ersetze Ein Auto”. Fuente. (Gruber et al., 2014).

En “¿Rechazar o aceptar? Mensajeros y bicicletas eléctricas de carga” (Gruber & Kihm, 2016), se describe una prueba que fue realizada por 362 repartidores cuya edad comprende entre los 18 y 81 años con promedio de 42. Se concluye que el 85% de los trabajadores están de acuerdo que se realice las entregas de carga en bicicleta y que estos vehículos contribuyen a la protección del medio ambiente.

“Los buenos efectos del ciclismo para entrega de correspondencias: Lección de París” (Conway & Koning, 2016) indica que en los últimos años se han implementado nuevas políticas de transporte y entre ellas incentivar el uso de bicicleta para reparto de correspondencias, pues a diario se realizan aproximadamente 300.000 entregas y son causantes del 26% de emisiones de CO₂ en la urbe. Con estas políticas se ha analizado la disminución de congestionamiento, ruido y emisiones generados por el tráfico vehicular. El 56% de carga entregada corresponde a documentos y paquetería, el 13% es comida y el 31% otros insumos, además de generar un ahorro promedio diario de

2.531 euros en cuanto a emisiones, congestión y ruido se refiere; esto, según los costos que implican esos factores. Este artículo concluye que el ahorro generado no es despreciable y se deben considerar políticas para su desarrollo en incremento.

“El uso de la bicicleta para entrega en la cadena logística, conceptos revisados” (Maes & Vanelander, 2012), habla que, en la época actual, en donde se toma conciencia del medio ambiente y la sostenibilidad se desarrollan nuevos conceptos innovadores a nivel mundial, entre ellos, la entrega de correspondencias en bicicleta. En efecto, este mercado se deriva de la alta efectividad que tiene el traslado en bicicleta en áreas urbanas además se ha demostrado su confiabilidad y rapidez de recorrido de un lugar a otro en zonas congestionadas. Se identificaron 14 empresas de correo que realizan entregas en bicicleta, entre ellas Eco-Postale, la cual realiza todos sus servicios en vehículos eléctricos y su logística de distribución se basa en el concepto de la última milla, que consiste en que desde el establecimiento local (debe estar situado a un radio de una milla de distancia) al lugar de destino se coloca la correspondencia según su tamaño en el vehículo que pueda transportarla generando entre un 13% y 75% de ahorro en la cadena de entrega siendo calificado como un servicio altamente eficiente. Además, el artículo concluye que una furgoneta de entrega puede ser reemplazada por dos bicicletas de carga y así incrementar la oferta de empleo y evitar aproximadamente la emisión anual de seis toneladas de CO₂ al ambiente.

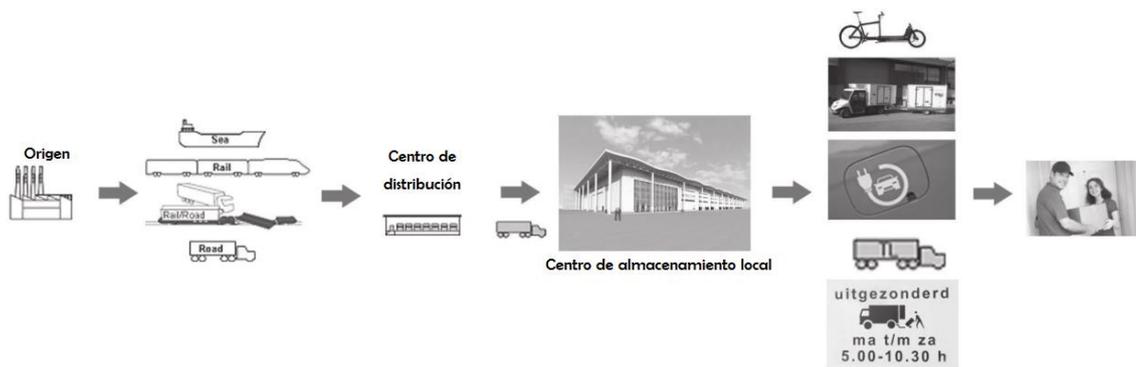


Figura 1.12. Proceso de logística de servicios de entrega.
Fuente. (Maes & Vanelander, 2012)

El artículo “Bicicletas y escúteres eléctricos para logística inteligente: Sostenibilidad ambiental y económica en el proyecto piloto italiano Pro e-bike” (Nocerino et al., 2016) expresa los resultados de dicho proyecto que investigó las potencialidades de bicicletas y escúteres eléctricos para los servicios de entrega de correspondencias como alternativa de movilidad contra vehículos motorizados.

“El proyecto PRO-E-BIKE promueve el uso de vehículos limpios y energéticamente eficientes como son las bicicletas y motos eléctricas (más conocidas como “E-bikes”), para el reparto de mercancías y pasajeros entre instituciones públicas y privadas como empresas de reparto, administraciones públicas y ciudadanos en áreas urbanas en Europa, como alternativa a los vehículos convencionales de combustibles fósiles.” (Jorna & Mallens, 2013). El programa duró tres años (desde abril de 2013 hasta marzo de 2016) y se realizó en las ciudades italianas de Génova y Milán con bicicletas eléctricas y bicicletas eléctricas para carga (*e-cargo bikes*), cuyas características se indican en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Características de bicicletas eléctricas utilizadas en el proyecto “Pro e-bike”.

Ciudad	Génova		Milán
Vehículo			
Marca	Stefano Ferrari	Carriola	Winora T2 BH Xenion 700
Precio	€ 1.200	€ 1.700	€ 2.000
Peso	45 kg		20 kg
Consumo	10 Wh/km		4 Wh/km
Autonomía	55 km	45 km	75 km.
Tipo de batería	Litio		
Capacidad de batería	540 Wh	432 Wh	300 Wh.
Tiempo de carga de batería	4 h		3 h.
Capacidad de carga	80 kg		25 kg.
Capacidad volumétrica	0.250 m ³		0.070 m ³ .

Fuente. (Nocerino et al., 2016)

Los resultados que arrojó este proyecto durante el periodo de prueba (y que en la actualidad sigue realizándose en otras ciudades europeas como Lisboa - Portugal, Valencia - España, Zadar - Croacia, etc.) se indica en la Tabla 1-2, resaltando aspectos de cómo ha mejorado la imagen de la empresa, reducción de emisiones y consumo energético, costos reducidos, aumento de eficiencia y productividad en la logística urbana además de generar más oportunidades de empleo para pequeñas empresas y mayor flexibilidad para los clientes (León, 2015).

Tabla 1-2. Resumen de resultados obtenidos tras el desarrollo del proyecto “Pro e-bike”.

Vehículo			
Duración de prueba	79 días	60 días	852 días
Número de entregas	446 (6/día)	161 (3/día)	48.390 (57/día)
Carga entregada	2.347 kg	1.164 kg	28.570 kg
m³ entregados	42 m ³	32 m ³	114 m ³
Distancia recorrida	1.451 km (18 km/día)	375 km (6 km/día)	20.020 km (20 km/día)
Velocidad promedio	17 km/h	16 km/h	20 km/h
Consumo de energía	0.01 kWh/km	0.01 kWh/km	0.004 kWh/km
Masa de CO₂ no emitido	416 kg 0.286 kg/km	17 kg 0.286 kg/km	17.901 kg 0.370 kg/km
Ahorro económico	€ 219	€ 57	€ 9.366

Fuente. (Nocerino et al, 2016)

1.4 Empresa asociada – Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía Ltda.

Para el desarrollo del presente proyecto se cuenta con el aval de una de las principales empresas que brinda servicios de entrega y recepción de correspondencias a nivel local y nacional, se trata de “Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía. Ltda.”, empresa cuencana que presta sus servicios desde inicios del año 2000 y que entre su visión está obtener una certificación de calidad en cuanto a gestión de entrega se refiere.

1.4.1 Razón social.

Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía. Ltda.

1.4.2 Dirección.

Gran Colombia 21-251 y Unidad Nacional, Edificio Mirador del Río, Piso 1, Oficina 101, Cantón Cuenca.



Figura 1.13. Ubicación y empresa Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía. Ltda. en Cuenca.
Fuente. (Google, 2017; “Rapid Service,” 2017)

1.4.3 Misión.

Facilitar al cliente la comunicación, el transporte seguro y a tiempo, de su correspondencia y carga.

1.4.4 Visión.

Ser la primera empresa de Courier en el Ecuador en implementar la norma ISO 9001:2000, y de esta ser una de las mejores empresas en cuanto a gestión de entrega se refiere.

1.4.5 Organigrama.

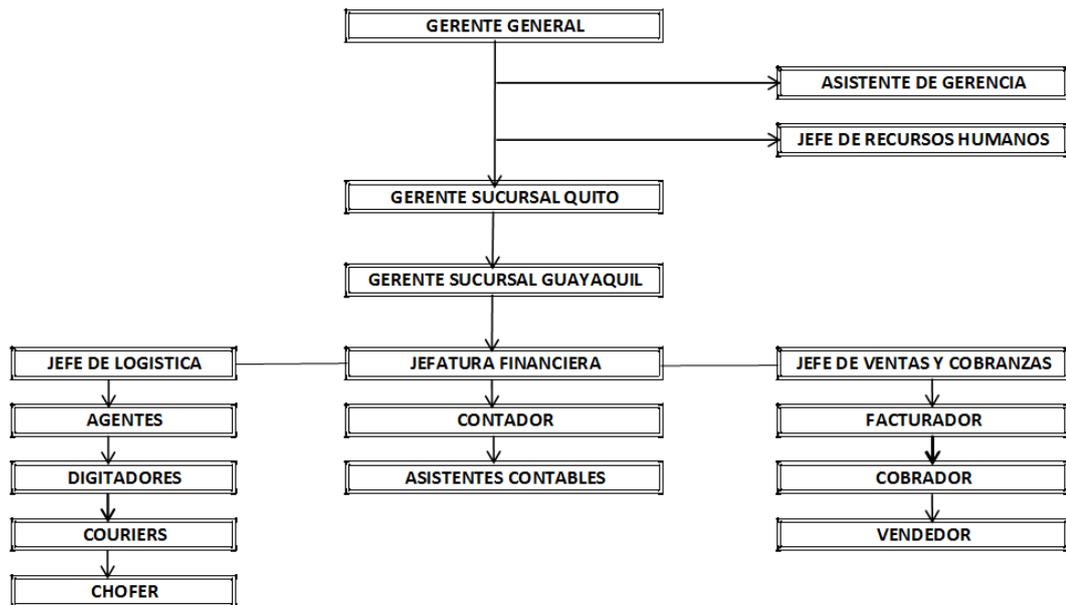


Figura 1.14. Organigrama de Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía. Ltda.
Fuente. ("Rapid Service," 2017)

1.4.6 Datos generales.

Tabla 1-3. Datos de empresa Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía. Ltda.

Apertura	Noviembre – 1999
Personal de entrega	9 personas
Cantidad de vehículos de 4 o más ruedas a nivel nacional	15
Cantidad de vehículos de 4 o más ruedas a nivel local	3
Cantidad de motocicletas para entrega a nivel local	2
Horario de entrega de documentos y paquetería	8:00 – 13:00
Horario de recepción de documentos y paquetería	15:00 – 19:00

Fuente. ("Rapid Service," 2017)

1.4.7 Logística de entrega.

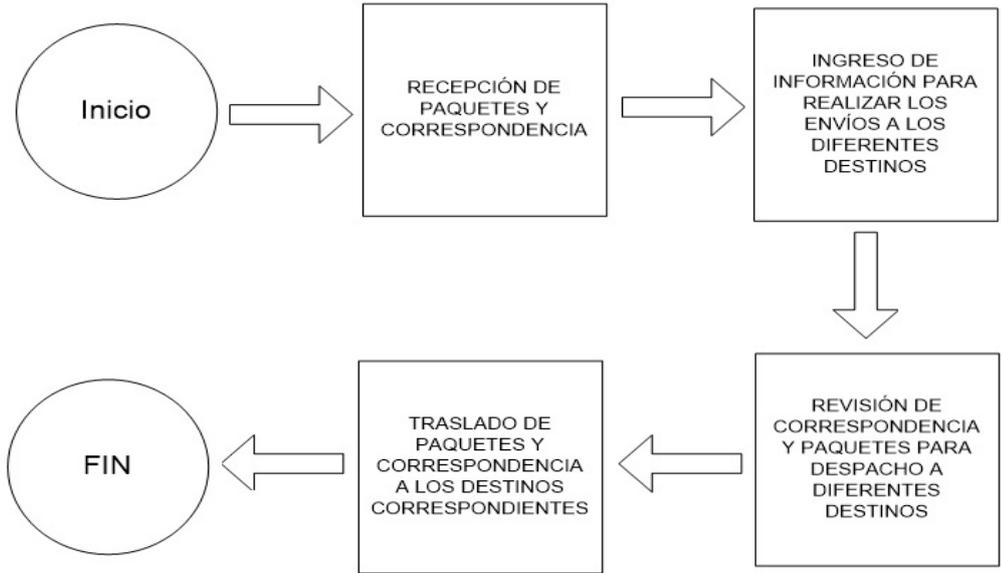


Figura 1.15 Diagrama de flujo para entrega de correspondencias de Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía Ltda.
Fuente. (“Rapid Service,” 2017)

Como se indica en la Tabla 1-3; la empresa Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía Ltda. tiene tres vehículos de cuatro o más ruedas (dos camiones y una camioneta) que se encargan de realizar entregas a nivel local; para ello la empresa divide a la ciudad en tres sectores en los que se distribuye cada vehículo y en cuanto lo creen conveniente se varía esa distribución según los requerimientos de movilización y/o entrega.

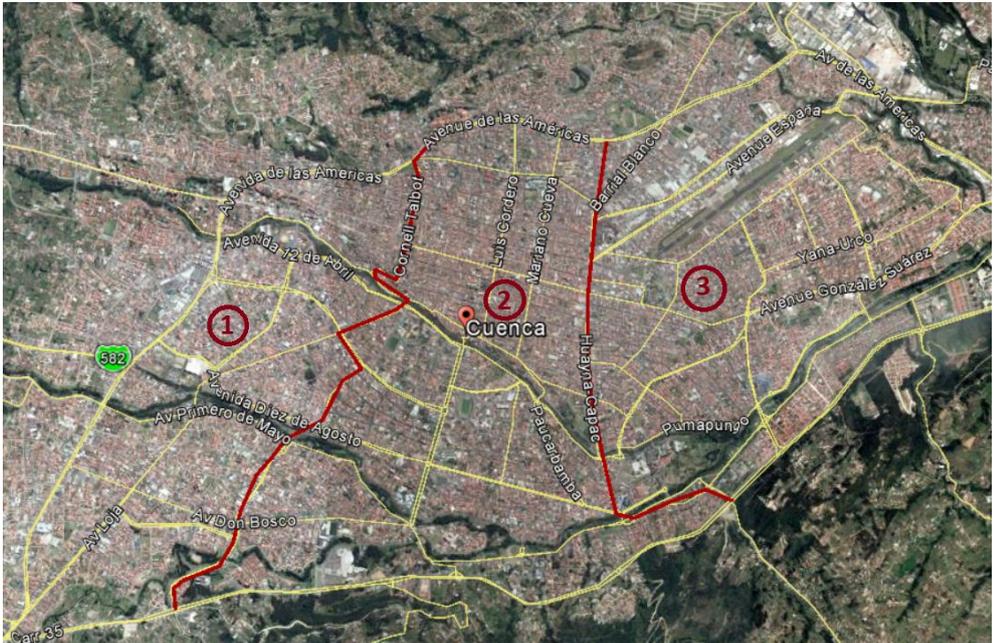


Figura 1.16. Distribución de camioneta y camiones de entrega de Rapid Service Cía. Ltda.
Fuente. (Google, 2017; “Rapid Service,” 2017)

La Figura 1.16 indica la forma de distribución de áreas de entrega de la ciudad para los camiones y camioneta de la empresa Rapid Service; mientras que las Figuras 1.17 y 1.18 muestran otras variaciones que según los requerimientos de entrega suelen darse en la misma.



Figura 1.17. Distribución alterna #1 de áreas de movilidad de camioneta y camiones de entrega de Rapid Service Cía. Ltda. en la ciudad de Cuenca.
Fuente. (Google, 2017; "Rapid Service," 2017)

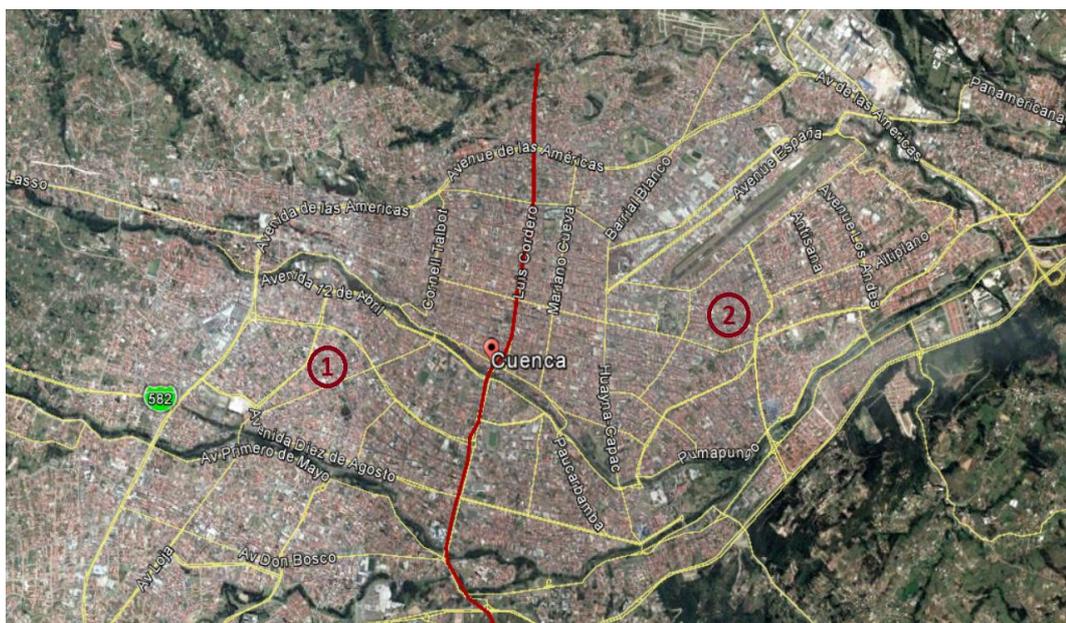


Figura 1.18. Distribución alterna #2 de áreas de movilidad de camioneta y camiones de entrega de Rapid Service Cía. Ltda. en la ciudad de Cuenca.
Fuente. (Google, 2017; "Rapid Service," 2017)

Para las dos motocicletas de entrega que dispone la empresa se tiene una división de áreas de la ciudad para movilización de las mismas como se indica en la Figura 1.19.



Figura 1.19. Distribución de áreas de movilidad para motocicletas de entrega de Rapid Service Cía. Ltda. en la ciudad de Cuenca.

Fuente. (Google, 2017; "Rapid Service," 2017)

1.5 Pregunta de investigación.

¿Cuánto es el ahorro estimado en consumo energético, tiempo de traslado y emisiones de CO₂ utilizando bicicletas eléctricas para entrega de documentos y paquetería liviana en la ciudad de Cuenca?

1.6 Objetivo general.

Analizar la factibilidad del uso de la bicicleta eléctrica como alternativa para entrega de documentos y paquetería liviana en Cuenca.

1.7 Objetivos específicos.

- Identificar la metodología de entrega de documentos y paquetería liviana de Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía. Ltda.
- Determinar las rutas y tiempo de entrega de correspondencias en motocicleta y bicicletas eléctricas.

- Estimar y cuantificar las emisiones de CO₂, así como los costos de consumo de combustible y tiempo de traslado durante la entrega de correspondencias.
- Evaluar dos tipos de bicicletas eléctricas en el cumplimiento de entrega de documentos y paquetería liviana (autonomía, capacidad de carga, tiempo de recorrido).

1.8 Alcance.

Con este proyecto se busca analizar la factibilidad de que la bicicleta eléctrica pueda reemplazar como medio de transporte para entrega de correspondencias a una motocicleta considerando consumo energético, emisiones y costos; además de evaluar si es factible realizarlo con una bicicleta de producción nacional, la cual es más accesible económicamente que una importada.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describe detalladamente los materiales utilizados y la metodología aplicada para el desarrollo y análisis del presente proyecto.

2.1 Materiales.

2.1.1 Motocicleta de entrega de documentos y paquetería liviana utilizada por Rapid Service Cía Ltda.

Como se explicó en el capítulo anterior, la empresa Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía Ltda. utiliza dos motocicletas para la entrega de correspondencias en diferentes áreas de la ciudad de Cuenca; ambas motocicletas son el mismo modelo; sus especificaciones técnicas se detallan en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Especificaciones técnicas Honda Cargo 150 cm³.

Motocicleta Honda Cargo 150 cm³	
	
Año de fabricación	2013
Motor	4 tiempos - monocilíndrico
Potencia del motor	8,2 kW @ 7.000 rpm
Torque del motor	11,9 N.m @ 5.000 rpm
Capacidad de carga máxima	120 kg
Capacidad de tanque de combustible	14 litros

Fuente.(Honda, 2013).

2.1.2 Bicicletas eléctricas.

Se adquirieron dos bicicletas eléctricas para ser utilizadas en este proyecto, la una es de producción nacional y otra importada.

2.1.2.1 Bicicleta eléctrica de producción nacional.

Esta bicicleta es producida y comercializada a nivel nacional por GO corp, es denominada bicicleta eléctrica “ecológica suspensión” y sus especificaciones se muestran en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Especificaciones bicicleta eléctrica “ecológica suspensión”.

Bicicleta eléctrica “ecológica suspensión”	
	
Bicicleta nacional producida por “Ecuacyclo de GO corp.”	
Potencia del motor eléctrico	250 W
Autonomía	40 km bajo asistencia del acelerador 60 km bajo asistencia del pedal
Velocidad máxima	30 km/h
Tipo de batería	Ion litio
Capacidad de batería	36 V – 8,8 Ah (316,8 Wh)
Tiempo de carga	4 horas
Peso de bicicleta	19 kg
Precio	USD 800,00

Fuente. (Ecuacyclo, 2016)

Esta bicicleta consta de un display LCD que indica distancia recorrida, velocidad de circulación, nivel de asistencia del motor eléctrico, nivel de carga de la batería, corriente generada durante la asistencia e indicador de accionamiento del freno; además de constar con un sensor de velocidad, sensor de freno y frenos de disco (Ecuacyclo, 2016).

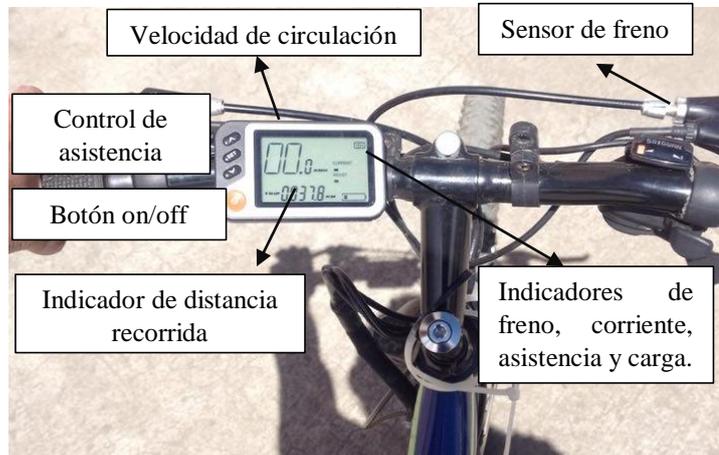


Figura 2.1. Componentes bicicleta eléctrica “ecológica suspensión”.

2.1.2.2 Bicicleta eléctrica importada.

La bicicleta eléctrica importada es un modelo urbano comercializado en la ciudad de Cuenca por Almacén Juan Montero Cía Ltda.; esta bicicleta a diferencia de la de producción nacional, no consta de una pantalla digital que indica la distancia recorrida o la velocidad de circulación; sin embargo, en su controlador tiene el indicador de nivel de asistencia del motor eléctrico y carga de la batería.



Figura 2.2. Componentes bicicleta eléctrica importada.

Tabla 2-3. Especificaciones bicicleta eléctrica importada.

Bicicleta eléctrica importada	
	
Bicicleta importada por “Almacén Juan Montero Cía. Ltda.”	
Potencia del motor eléctrico	250 W
Velocidad máxima	25 km/h
Tipo de batería	Ion litio
Capacidad de batería	24 V - 10 Ah (240 Wh)
Tiempo de carga	4 horas
Peso de bicicleta	25 kg
Precio	USD 1.200

Fuente. (AJM, 2017)

2.1.3 GPS – recolector de datos de recorrido.

La motocicleta y bicicletas eléctricas detalladas en las secciones anteriores fueron equipadas con instrumentos GPS, los cuales entregan datos de tiempo, velocidad, altitud, posición, etc., durante cualquier recorrido mediante su respectivo software para análisis de información.

2.1.3.1 Vbox sport.

Este dispositivo recolecta datos de tiempo, velocidad, altitud, posición, etc., con una frecuencia de 20 Hz; es decir, es capaz de entregar 20 datos en un segundo. Puede

durar hasta seis horas encendido y guarda los datos en una memoria SD (Racelogic, 2014).

Tabla 2-4. Especificaciones GPS Vbox sport.

		
Frecuencia de recolección de datos		20 Hz
Velocidad	Exactitud	0.1 km/h
	Resolución	0.05 km/h
Peso		130 g

Fuente. (Racelogic, 2014)

2.1.3.2 Qstarz Q1000-XT.

Este dispositivo es capaz de entregar los diferentes datos con una frecuencia programable mediante software entre 1 y 5 Hz; es decir, puede entregar hasta 5 datos por cada segundo; además es más pequeño y ligero.

Tabla 2-5. Especificaciones GPS Qstarz Q1000-XT.

		
Frecuencia de recolección de datos		1 – 5 Hz (programable)
Velocidad	Exactitud	0.1 km/h
	Resolución	0.05 km/h
Peso		64.7 g

Fuente. (Qstarz, 2016)

La motocicleta de entrega de Rapid Service y las bicicletas eléctricas fueron equipadas con los GPS detallados anteriormente.



Figura 2.3. Motocicleta y bicicleta eléctrica equipadas con GPS

2.1.4 Medidor de consumo de energía eléctrica.

Este dispositivo mide y muestra la cantidad de energía eléctrica (kWh) consumida durante el periodo de carga de la batería de las bicicletas eléctricas.

Tabla 2-6. Especificaciones de medidor de consumo de energía eléctrica.

Voltaje de operación	120 V
Corriente de operación	Max. 15 A
Voltaje de alimentación	110 – 130 V
Rango de precio	0,00 – 99,99 \$/kWh
Rango de voltaje	0 – 9.999 V
Rango de energía	0 – 9.999 kWh

Fuente. (Intertek, 2014)

2.2 Metodología.

Para la determinación de tiempos y rutas de entrega de las motocicletas de Rapid Service Cía. Ltda. se realizó un seguimiento a las mismas, con las bicicletas eléctricas para posteriormente analizar los datos medidos por los GPS durante los recorridos.

2.2.1 Selección de lugares de entrega.

Los lugares de entrega se descartaron según el Plan Operativo de Bicicletas del Plan de Movilidad y Espacios Públicos de la ciudad; pues en él se estipula que “la distribución de las pendientes en la ciudad conforma un carácter agreste y empinado” (Municipalidad de Cuenca, 2015b).

Había ocasiones en las que el conductor de la motocicleta de Rapid Service Cía. Ltda. tenía que realizar entregas en lugares de la ciudad donde se deben subir pendientes superiores al 5% y recorridos de longitud mayor a 90 m, a los cuales se decidió a no acceder, pues el Plan Operativo de Bicicletas del Plan de Movilidad y Espacios Públicos de la ciudad, indica que se requiere un nivel de experticia profesional para el ciclista (Municipalidad de Cuenca, 2015b); además de requerirse mayor esfuerzo físico y consumo de energía en la bicicleta eléctrica. Por lo tanto; este estudio se centró en lugares residenciales donde la pendiente promedio sea menor al 5%.

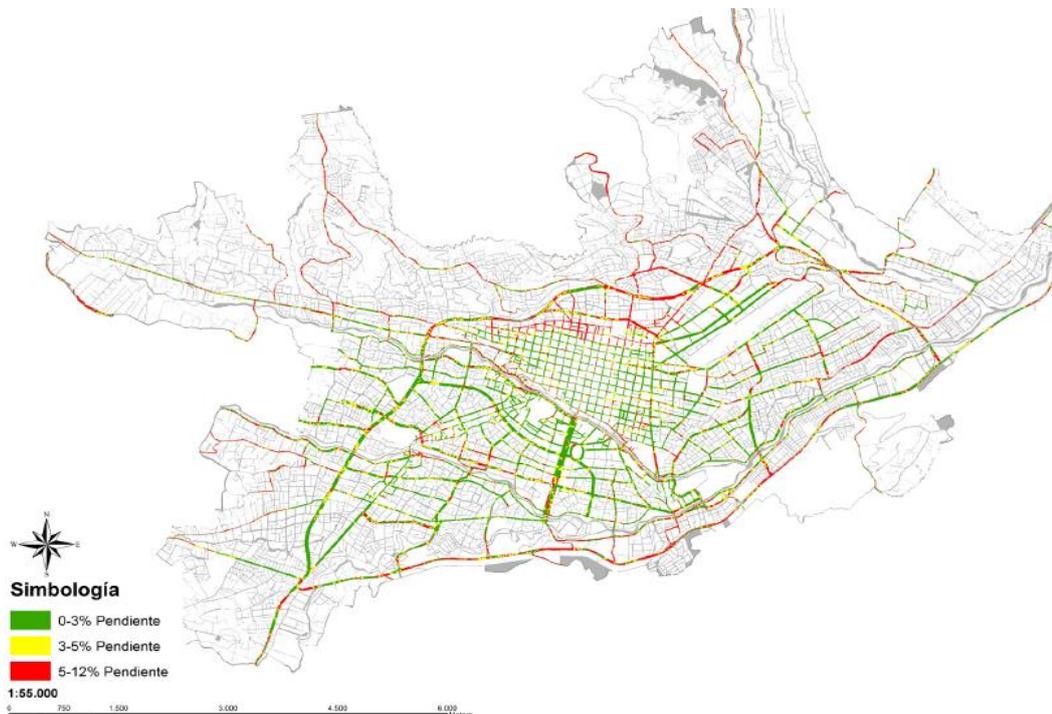


Figura 2.4. Pendientes en la ciudad de Cuenca.
Fuente. (Municipalidad de Cuenca, 2015b).

2.2.2 Recolección de datos.

El proceso de recolección de datos se realizó de manera simultánea entre las motocicletas de entrega de Rapid Service Cía. Ltda. y las bicicletas eléctricas mostradas en la sección 2.1.

Como se indica en la Figura 2.5, ambas bicicletas eléctricas fueron equipadas con una caja de 30cm x 30cm x 30cm para el transporte de carga, a la vez se utiliza un peso simulado entre 20 y 30 libras, y así emular el transporte de correspondencias.



Figura 2.5. Bicicletas eléctricas equipadas con caja para transporte de carga.

Como se indica en la Tabla 1-3, el proceso de entrega de correspondencias de la empresa Rapid Service Cía. Ltda. se realiza en las mañanas, por lo que en ese lapso del día fue realizado el seguimiento a las dos motocicletas de entrega con las bicicletas eléctricas; para así obtener las diferentes características de los recorridos de entrega de las motocicletas; entre ellos, lugares más frecuentes de entrega, duración, distancia recorrida, velocidades máxima y promedio de circulación, cantidad de CO₂ emitido por la motocicleta durante el recorrido, etc.

Se exportaron de los instrumentos GPS las variables de tiempo, velocidad, altitud, longitud y latitud; para estimar con la dinámica del vehículo el consumo energético por parte de la motocicleta de entrega; y, a través del medidor de consumo de energía eléctrica mostrado en la Tabla 2-6 se obtendrá la energía requerida por la batería de cada bicicleta eléctrica para realizar la entrega de correspondencias.

2.2.3 Preparación de datos entregados por los instrumentos GPS.

El GPS Vbox sport, detallado en la sección 2.1.3.1, consta de una tarjeta de memoria que entrega archivos de extensión “.VBO” compatibles con el software oficial “PerformanceBox”. A través de este software se exportan los datos de tiempo, velocidad, altitud, latitud y longitud a un archivo de extensión “.CSV” que puede ser visualizado con “Microsoft Excel” y la ruta de recorrido se exporta a un archivo de extensión “.KML” para ser visualizado con “Google Earth”.

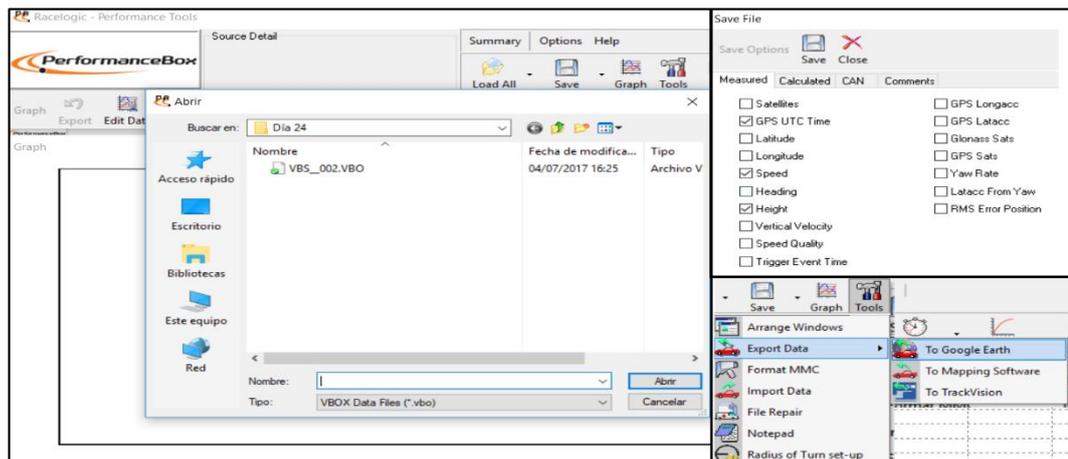


Figura 2.6. Exportación de datos entregados por GPS Vbox sport a través de software “PerformanceBox”.

El GPS Qstarz Q1000-XT consta del software “Q-travel” para manejo de datos, los cuales pueden ser exportados a “Microsoft Excel”, además de mostrar el recorrido en una ventana de “Google Maps” incorporada al entorno del software. Para ello se conecta el GPS a través de su cable USB y en el software dar clic en la opción “Leer log” para leer los datos grabados. Después dar clic en la opción “Raw data manager” y los datos serán exportados a un archivo “.CSV” para ser visualizados en “Microsoft Excel”.

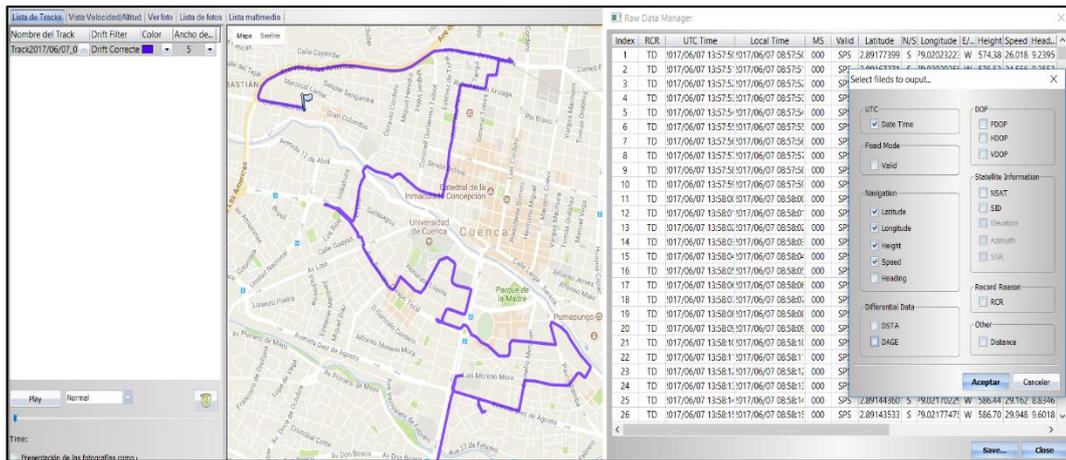


Figura 2.7. Visualización y exportación de datos entregados por GPS Qstarz a través de software “Qtravel”.

2.2.4 Tratamiento de datos.

Luego de exportados los datos de tiempo, velocidad, altitud, latitud y longitud de los instrumentos GPS a “Microsoft Excel” como se indicó en la sección 2.1.3.1; el GPS Vbox Sport entrega 20 datos en un segundo; por lo que se procede a establecer una condición de filtrado junto a los datos entregados. La condición consiste en que, si el residuo del valor de tiempo dividido para uno es cero, se muestre la letra “V”; caso contrario, la letra “F”; y así, los valores exactos de tiempo (0, 1, 2, 3, etc.) serán mostrados para su posterior análisis.

	A	B	C	D	E	F	G
39	time	velocity	height				
40	[data]						
41	0	44,91	2583,57	=SI(RESIDUO(A41;1)=0;"V";"F")			
61	1	52,99	2580,97	V			
81	2	48,41	2578,89	V			
101	3	45,61	2577,6	V			

Figura 2.8. Obtención de valores de GPS Vbox Sport segundo a segundo.

Después se procede a realizar el correcto tratamiento de las variables de velocidad y altitud; pues existen ocasiones en las que el GPS, ya sea el Vbox Sport o el Qstarz, entregan valores atípicos; es decir, valores de velocidad excesivos; por ejemplo, mayores a 150 km/h; o altitud inferior a la altura promedio en Cuenca, la cual oscila entre 2.500 y 2.600 m.s.n.m. (Municipalidad de Cuenca, 2015a); estos valores son considerados como ruido, y se dan debido a interferencias o pérdida de señal.

El proceso de tratamiento de los valores de velocidad y altitud se realiza mediante la función “smooth” del software “Matlab” que consiste en realizar la suavización de los mismos; primero es necesario transformar los valores de velocidad entregados por el GPS a las unidades del Sistema Internacional para esta magnitud [m/s]; para ello se divide la velocidad para 3,6; pues 1 m/s es igual a 3,6 km/h. Luego se copian las columnas de tiempo, velocidad y altitud a “Matlab” y se realiza la suavización.

El comando “smooth de Matlab” utiliza un modelo de regresión polinomial (MathWorks, 2017); por lo que es necesario cuantificar el error existente entre la aproximación y la suavización a través del coeficiente de determinación r^2 , y si este es aproximado a 1, se dice que existe un ajuste de datos perfecto (Chapra & Canale, 2006).

El coeficiente de determinación r^2 está dado por la ecuación 1.

$$r^2 = \frac{S_t - S_r}{S_t} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde S_t es la suma total de los cuadrados alrededor de la media y S_r es la suma de los cuadrados de los residuos alrededor de la gráfica de regresión (Chapra & Canale, 2006). Estos valores están dados por las ecuaciones 2 y 3 respectivamente.

$$S_t = \sum (y_i - \bar{y})^2 \quad \text{Ec. (2)}$$

$$S_r = \sum (y_{i,medida} - y_{i,modelo})^2 \quad \text{Ec. (3)}$$

Para el proceso de cálculo la variable “y” puede ser reemplazada por los valores de velocidad o altitud, según corresponda. En la Figura 2.9 se puede observar la gráfica de “velocidad vs tiempo” de un recorrido de entrega aleatorio con los valores de velocidad antes y después de la suavización.

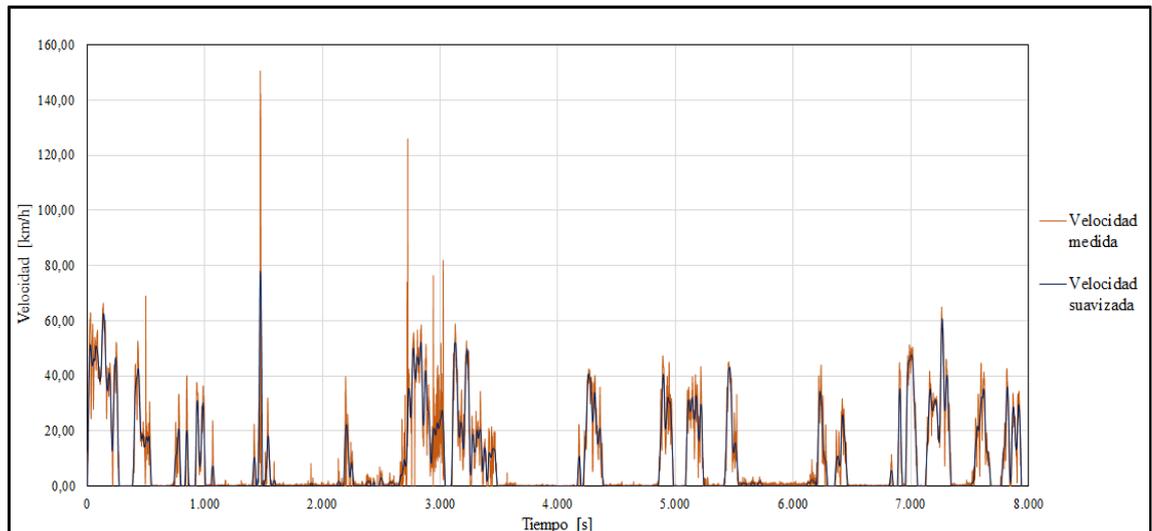


Figura 2.9. Gráfica comparativa de datos de velocidad suavizados.

2.2.5 Datos adicionales.

Para el análisis de dinámica del vehículo intervienen otros parámetros que pueden obtenerse a través de los datos entregados por el GPS; ellos son, distancia inmediata, aceleración instantánea y pendiente del camino.

2.2.5.1 Distancia inmediata.

La distancia inmediata es la distancia recorrida entre cada intervalo de tiempo y se puede expresar a través de la ecuación 4.

$$x_i = v_i \times (t_i - t_{i-1})$$

Ec. (4)

Mientras que la distancia total se expresa como la sumatoria de los valores de distancia instantánea, como se indica en la ecuación 5.

$$x_T = \sum (x_i)$$

Ec. (5)

2.2.5.2 Aceleración instantánea.

La aceleración es la variación de la velocidad en una unidad de tiempo (Beer, Johnston, & Cornwell, 2010); y, se expresa por la siguiente ecuación.

$$a_i = \frac{v_i - v_{i-1}}{t_i - t_{i-1}}$$

Ec. (6)

2.2.5.3 Pendiente del terreno.

La pendiente es la relación existente entre la variación de la altura y la proyección horizontal (Asensio, Blanquer, & Moreno, 2005); en el caso de un camino inclinado puede expresarse como el seno inverso de la relación entre la variación de alturas y la distancia inmediata, tal como se observa en la Figura 2.10 y lo indica la ecuación 7.



Figura 2.10. Pendiente del terreno.

$$\theta_i = \sin^{-1} \left(\frac{h_i - h_{i-1}}{x_i} \right)$$

Ec. (7)

2.2.6 Dinámica del vehículo.

La dinámica del vehículo permite determinar las diferentes fuerzas que actúan y se oponen al movimiento del vehículo (Gillespie, 1992); en este caso, motocicleta o bicicleta, y después poder obtener el consumo energético necesario para movilizar tal vehículo (Ordoñez, 2016).

“Las resistencias que se oponen al avance de un vehículo en cualquier situación son cuatro, las mismas que pueden o no coexistir al mismo tiempo:” (Cascajosa, 2005).

- Resistencia al aire o fuerza de arrastre (F_d).
- Resistencia a la rodadura (R_x).

- Resistencia a la pendiente (R_g).
- Resistencia por inercia (R_i).

La suma de estas resistencias debe ser vencida por una fuerza motriz (F_x) aplicada en el punto de contacto rueda – suelo (Cascajosa, 2005); por lo tanto, F_x está dada por la ecuación 8.

$$F_x = F_d + R_x + R_g + R_i$$

Ec. (8)

En la Figura 2.11 se muestra un diagrama de cuerpo libre de una motocicleta con las fuerzas que actúan sobre la misma.

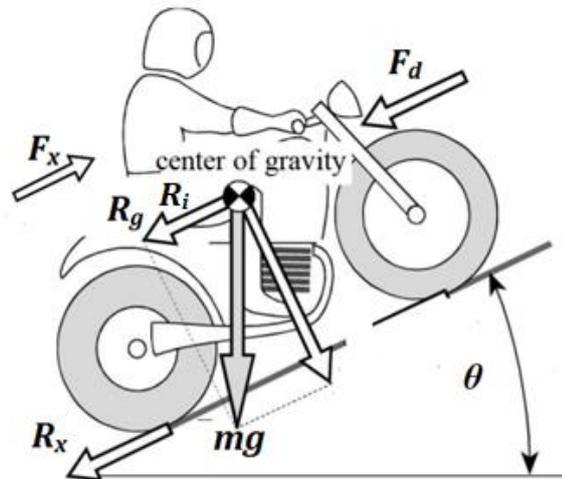


Figura 2.11. Fuerzas que actúan en la motocicleta.
Fuente. (Cossalter, 2006)

2.2.6.1 Resistencia al aire o fuerza de arrastre (F_d).

La fuerza de arrastre depende de la presión dinámica del aire y es proporcional al cuadrado de la velocidad; a velocidades bajas, esta fuerza tiende a ser nula; pero a velocidades normales de circulación puede llegar a ser hasta 0,03 veces el peso del vehículo (Gillespie, 1992).

La resistencia al aire influye en la máxima velocidad alcanzada por el vehículo y su desarrollo en aceleraciones (Cossalter, 2006).

La fuerza de arrastre tiene en cuenta la densidad del aire, el área frontal del vehículo y la velocidad de circulación; tal como se describe en la ecuación 9.

$$Fd = \frac{1}{2} \cdot Cd \cdot \rho_a \cdot Af \cdot v^2$$

Ec. (9)

En donde:

Fd: Fuerza de arrastre o resistencia al aire [N]

Cd: Coeficiente de arrastre [-]

ρ_a : Densidad del aire [kg/m³]

Af: Área frontal del vehículo [m²]

v: Velocidad de avance del vehículo [m/s]

2.2.6.1.1 Coeficiente de arrastre.

El coeficiente de arrastre (Cd) está directamente relacionado con la forma del vehículo; en motocicletas este coeficiente se ve influenciado por la existencia o falta de carenado (Cossalter, 2006).

En motocicletas, las características aerodinámicas están dadas por el producto entre el coeficiente de arrastre y el área frontal ($Cd \cdot Af$); este valor puede variar entre 0,18m² para carenados completos; hasta 0,70m² en motocicletas sin carenado (Cossalter, 2006).

En nuestro caso, para la motocicleta de entrega de Rapid Service Cía Ltda. se consideró el coeficiente $Cd \cdot Af$ para motocicletas sin carenado equivalente a 0,70m².

Para las bicicletas eléctricas se utilizan los coeficientes de arrastre indicados en el reporte “Aerodinámica de vehículos impulsados por trabajo humano” (Gross, Chester, Kyle, & Malewicki, 1983) que se indica en la Figura 2.12.

56 HUMAN POWERED VEHICLE PERFORMANCE											
DESCRIPTION	FORCES AT 20 MPH (800 WIND)	AERODYNAMIC DATA				LEVEL GROUND, NO WINDS			EFFECT OF HILLS		
		DRAG COEFFICIENT	FRONTAL AREA (FT ²)	EFFECTIVE FRONTAL AREA (FT ²)	ROLLING RESISTANCE COEFFICIENT	MINIMUM POWER AT 20 MPH AS A PERCENTAGE OF THE TOURING POWER OUTPUT	MAXIMUM SPEED AT 1.0 HORSE POWER OUTPUT (MPH)	STEADY SPEED UP A 1% GRADE AT 1.0 HORSE POWER OUTPUT (MPH)	STEADY SPEED DOWN A 1% GRADE (MPH)		
		C _d	A	C _d A	C _r						
STANDARD BICYCLES	BMX (YOUTH OFF ROAD RACER)	5.52	1.1	4.9	5.4	.014	146%	10.1	27.8	12.2	19.8
	EUROPEAN UPRIGHT COMMUTER	6.14	1.1	5.5	6.0	.006	140%	11.3	27.6	10.9	24.0
	TOURING (ARMS STRAIGHT)	4.40	1.0	4.3	4.3	.0045	100%	13.1	31.1	12.2	27.7
	RACING (FULLY CROUCHED)	3.48	.88	3.9	3.4	.003	77%	14.7	33.9	13.0	31.2

Figura 2.12. Coeficientes aerodinámicos, área frontal y coeficiente de resistencia a la rodadura para bicicletas.

Fuente. (Gross et al., 1983).

Para la bicicleta eléctrica de producción nacional se utilizará el coeficiente C_d especificado para bicicletas de turismo $C_d = 1$; mientras que para la bicicleta importada se usará el coeficiente de arrastre para bicicletas europeas $C_d = 1,1$.

2.2.6.1.2 Área frontal.

En motocicletas, este factor está directamente relacionado con la posición del conductor, varía entre 0.4 m^2 y 0.9 m^2 (Cossalter, 2006).

Como se explicó en la sección anterior, para la motocicleta de entrega de Rapid Service Cía Ltda. se utilizará el coeficiente $C_d \cdot A_f = 0.7 \text{ m}^2$

La Figura 2.12 también especifica los valores de área frontal para los dos modelos de bicicleta disponibles:

$$\text{Bicicleta eléctrica de producción nacional: } A_f = 4.3 \text{ ft}^2 = 0.40 \text{ m}^2$$

$$\text{Bicicleta eléctrica importada: } A_f = 5.5 \text{ ft}^2 = 0.51 \text{ m}^2$$

2.2.6.1.3 Densidad del aire en Cuenca.

La densidad del aire es una variable que depende de las condiciones atmosféricas: temperatura, presión y humedad; por lo que se puede obtener un valor más específico si se deriva de la Ley de los Gases Ideales (Cengel & Boles, 2012; Vélez & Vera, 2016):

$$PV = mRT \tag{10}$$

La densidad se define como masa por unidad de volumen (Cengel & Boles, 2012), por lo tanto:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Ec. (11)

Reemplazando la ecuación 11 en la ecuación 10 y realizando la transposición de términos se tiene que la densidad del aire viene expresada por:

$$\rho_a = \frac{P}{R \cdot T}$$

Ec. (12)

En donde:

ρ_a : Densidad del aire [kg/m³]

P: Presión atmosférica [kPa]

R: Constante de gases ideales, para el aire $R = 0,287 \left[\frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$

T: Temperatura del aire en escala absoluta [K].

En la ciudad de Cuenca la presión atmosférica es de 0,732 [atm] (Puzhi & Zhinin, 2014) equivalente a 74 kPa; mientras que la temperatura promedio es de 15,6°C (Pesántes, 2012).

Reemplazando estos valores en la ecuación (12) se tiene el siguiente valor para la densidad del aire:

$$\rho_a = \frac{74 \text{ [kPa]}}{0,287 \left[\frac{\text{kPa} \cdot \text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right] \cdot (15,6 + 273,15) \text{ [K]}}$$

$$\rho_a = 0,89 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

2.2.6.2 Resistencia a la rodadura (R_x).

La resistencia a la rodadura es la fuerza que genera más oposición al movimiento del vehículo a bajas velocidades; mientras que entre 80 y 90 km/h es casi igual a la fuerza de arrastre (Cossalter, 2006). Esta fuerza se produce por la deformación del neumático contra la calzada (Das & Redrouthu, 2014) y su valor está dado por el producto entre el coeficiente de resistencia a la rodadura y la carga vertical ejercida por el peso del vehículo y el conductor (Gillespie, 1992); como se indica en la ecuación 13.

$$R_x = f_r \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta$$

Ec. (13)

En donde:

R_x : Fuerza de resistencia a la rodadura [N]

f_r : Coeficiente de resistencia a la rodadura [-]

m : Masa del vehículo y ocupantes [kg]

g : Gravedad [9,81 m/s²]

θ : Pendiente del terreno [°]

2.2.6.2.1 Coeficiente de resistencia a la rodadura.

El coeficiente de resistencia a la rodadura es un factor adimensional que indica los efectos producidos por las propiedades físicas de la interacción entre el neumático y la calzada (Gillespie, 1992).

Se ha propuesto el siguiente modelo empírico para calcular este coeficiente debido a la rodadura de los neumáticos de una motocicleta (Cossalter, 2006); la fórmula considera la velocidad de avance del vehículo y la presión de inflado de los neumáticos. Para una velocidad de avance menor a 165 km/h se tiene la siguiente ecuación:

$$f_r = 0,0085 + \frac{0,018}{P} + \frac{1,59 \times 10^{-6}}{P} v^2$$

Ec. (14)

En donde:

f_r : Coeficiente de resistencia a la rodadura [-]

P: Presión de inflado de neumáticos [bar]

v: Velocidad de circulación [km/h]

A través del análisis de datos recolectados se obtuvo una velocidad promedio de circulación de la motocicleta de Rapid Service Cía Ltda. igual a 23,67 km/h; mientras que la presión de inflado de los neumáticos es de 22 psi, como se muestra en la Figura 2.13.



Figura 2.13. Medición de presión de inflado de neumáticos.

Al aplicar estos valores en la ecuación 13, y factores de conversión detallados por (Cengel & Boles, 2012), se obtiene el siguiente valor para el coeficiente de resistencia a la rodadura:

$$f_r = 0,0085 + \frac{0,018}{\left(22[\text{psi}] \cdot \frac{0,0689[\text{bar}]}{1[\text{psi}]}\right)} + \frac{1,59E - 6}{\left(22[\text{psi}] \cdot \frac{0,0689[\text{bar}]}{1[\text{psi}]}\right)} (23,67)^2$$

$$f_r = 0,021$$

Para las bicicletas eléctricas se utilizan los coeficientes de resistencia a la rodadura indicados en el reporte “Aerodinámica de vehículos impulsados por trabajo humano” (Gross et al., 1983) que se indicó en la Figura 2.12. Para la bicicleta eléctrica de producción nacional se utilizará el coeficiente f_r especificado para bicicletas de

turismo $fr = 0,004$; mientras que para la bicicleta importada se usará el coeficiente indicado para bicicletas europeas $fr = 0,006$.

2.2.6.2.2 Masa del vehículo y ocupantes.

La Tabla 2-1. indica la capacidad de carga máxima de la motocicleta Honda Cargo 150 cm^3 ; este valor es incluyendo la carga transportada y la masa del conductor; por lo que para el cálculo se utilizará ese valor.

Para las bicicletas eléctricas se utilizará un valor de 100 kg el cual considera: la masa de las bicicletas, carga a transportar y la masa del ciclista.

2.2.6.3 Resistencia a la pendiente (Rg).

La resistencia en un vehículo al subir una pendiente, depende del ángulo de la pendiente a superar. Al subir, parte del peso del vehículo empuja contra el sentido de marcha y genera una fuerza opuesta a la que el vehículo dispone para desplazarse. La fuerza generada al superar pendientes (Rg) se puede determinar según la ecuación 15.

$$Rg = m \cdot g \cdot \sin \theta$$

Ec. (15)

En donde:

Rg: Fuerza de resistencia a la pendiente [N]

m: Masa del vehículo y ocupantes [kg]

g: Gravedad [$9,81 \text{ m/s}^2$]

θ : Pendiente del terreno [$^\circ$]

2.2.6.4 Resistencia por inercia (Ri).

La resistencia por inercia se produce cuando existe variación en la velocidad del vehículo; pues es ahí cuando se genera una fuerza que se opone a esta variación. Al aumentar la velocidad, se produce una aceleración; y al disminuirla, se produce una desaceleración (Domínguez & Ferrer, 2012).

La fuerza generada por la resistencia a la inercia (R_i) es igual al producto de la masa del vehículo por la aceleración producida:

$$R_i = m \cdot a$$

Ec. (16)

En donde:

R_i : Fuerza de resistencia a la inercia [N]

m : Masa del vehículo y ocupantes [kg]

a : Aceleración producida [9,81 m/s²]

2.2.6.5 Fuerza en rueda (F_x).

Es la fuerza requerida para producir el movimiento del vehículo; esta es igual a la sumatoria de las fuerzas que se oponen al desplazamiento del mismo.

$$F_x = F_d + R_x + R_g + R_i$$

Ec. (17)

2.2.6.6 Potencia de marcha (P_x).

La potencia representa el trabajo invertido por una fuerza en un intervalo de tiempo (Serway & Kirkpatrick, 2005). La potencia de marcha se puede definir como la que se debe consumir en las ruedas motrices necesaria para vencer las fuerzas que se oponen a la marcha del vehículo (Bosch, 1999) y viene determinada por:

$$P_x = F_x \cdot v$$

Ec. (18)

En donde:

P_x : Potencia de marcha [W]

F_x : Fuerza en rueda [N]

v : Velocidad de avance [m/s]

2.2.6.7 Energía.

La energía puede expresarse como el producto entre la potencia obtenida [W] y la variación de tiempo [s] (Ordoñez, 2016); pero comúnmente esta magnitud se expresa en [kWh] por lo que se utilizará un factor de conversión, este expresa la equivalencia de 1000 W a 1 kW y 3600s a 1h; como se indica en la ecuación 19.

$$E_i = \frac{Px_i \cdot \Delta t}{1000 \cdot 3600}$$

Ec. (19)

La energía consumida durante el recorrido está dada por la sumatoria de los valores positivos de energía instantánea. Para ello en el software “Microsoft Excel” se establece la condición de si el valor de energía instantánea es mayor a cero se muestre ese valor; caso contrario, cero.

2.2.7 Consumo energético.

En la sección anterior se determinó la energía total requerida en las ruedas del vehículo para un recorrido mediante el cálculo de las fuerzas que se oponen al desplazamiento del mismo; para poder estimar la energía consumida en el motor de combustión interna de la motocicleta o en el kit eléctrico de las bicicletas eléctricas, se debe considerar el rendimiento o eficiencia del sistema de transmisión de energía desde el motor hacia los neumáticos.

Para la motocicleta este consumo de energía se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Ec_m = \frac{\sum(E_i +)}{\eta_m \cdot \eta_t}$$

Ec. (20)

En donde:

Ec_m : Energía consumida por la motocicleta [kWh]

$\sum(E_i +)$: Sumatoria de los valores positivos de energía instantánea [kWh]

η_m : Rendimiento del motor de combustión interna, entre 0,25 y 0,35 para motores a gasolina (González, 2012) [-]

η_t : Rendimiento de la transmisión, transmisión por cadena (Honda, 2013) hasta 0,97 (Sinha, 2017) [-]

Para las bicicletas eléctricas el consumo de energía se determinó con el rendimiento del kit eléctrico.

$$Ec_{br} = \frac{\sum(E_i +)}{\eta_k}$$

Ec. (21)

En donde:

Ec_{br} : Energía consumida por la bicicleta eléctrica durante el recorrido [kWh]

$\sum(E_i +)$: Sumatoria de los valores positivos de energía instantánea [kWh]

η_k : Rendimiento del kit eléctrico, entre 0,81 y 0,96 para motores eléctricos sin escobillas (Miyamasu & Akatsu, 2011) y 0,85 para la batería de ion litio en bicicletas eléctricas (Lemire, 2004) [-]

2.2.8 Emisiones de CO₂.

El dióxido de carbono (CO₂) representa el 80% de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera y principalmente procede de fuentes fijas (industrias) y fuentes móviles (parque vehicular) (Cantú, 2014).

En general, existen cuatro técnicas para la estimación de contaminantes (NPI, 2008):

- Medición directa.
- Balance másico.
- Análisis de combustible.
- Factor de emisión.

En este estudio se realizará la estimación de emisiones de CO₂ por medio de factores de emisión.

2.2.8.1 Factor de emisión.

El factor de emisión representa la relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y la unidad de actividad; en el caso del parque vehicular se expresa en unidades de masa de contaminante por distancia recorrida (Green, Klakamp, Orjuela, & Sánchez, 2013) y para la emisión por generación de energía eléctrica en unidades de masa de contaminante por cada kWh de energía (MAE, 2013).

Para estimar la cantidad de CO₂ emitido durante los recorridos de entrega de la motocicleta de Rapid Service Cía Ltda. se utilizará el factor de emisión proporcionado por la EPA en su reporte “Factores de Emisión de los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero” (EPA, 2015) el cual se indica en la Tabla 2-7.

Tabla 2-7. Factores de emisión de CO₂ para diferentes tipos de vehículos según la EPA.

Tipo de vehículo	Sistema Inglés	Sistema Internacional
	Factor de emisión [kg/unidad]	Factor de emisión [g/unidad]
<u>Motocicleta</u>	<u>0,191 [kg/mi]</u>	<u>119 [g/km]</u>
Vehículo de pasajeros	0,355 [kg/mi]	221 [g/km]
Vehículo de trabajo ligero	0,485 [kg/mi]	301 [g/km]
Bus	0,055 [kg/pasajero-mi]	34 [g/pasajero-km]

Fuente. (EPA, 2015)

La cantidad de contaminante emitido por la motocicleta está dada por la ecuación 22.

$$E_m = FE_m \cdot x_T$$

Ec. (22)

En donde:

E_m : Cantidad de contaminante emitido por la motocicleta [g]

FE_m : Factor de emisión para motocicleta [g/km]

x_T : Distancia total recorrida [km]

Para las bicicletas eléctricas se calcularán las emisiones de CO₂ al momento de cargar sus baterías, la cantidad de energía consumida durante el periodo de carga será medida con el instrumento especificado en la Tabla 2-6; y el factor de emisión que se utilizará es el determinado por el Ministerio del Ambiente de Ecuador en su reporte “Factor de emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador” del año 2013 (MAE, 2013).

$$FE_b = 506,2 \left[\frac{g}{kWh} \right]$$

La cantidad de contaminante será determinada por el producto entre el factor de emisión propuesto y la cantidad de energía consumida durante la carga de la batería.

$$E_b = FE_b \cdot EC_{bc}$$

Ec. (23)

En donde:

E_b : Cantidad de contaminante emitido durante la carga de la bicicleta [g]

FE_b : Factor de emisión por cada kWh de energía consumido durante la carga de la bicicleta [g/kWh]

EC_{bc} : Energía eléctrica consumida durante la carga de la batería [kWh]

2.2.9 Costos.

En este estudio se estimarán los costos que existen al realizar entrega de correspondencias en motocicleta comparándola contra las bicicletas eléctricas disponibles; esto según el tiempo de recorrido de un lugar a otro, el consumo de

combustible por parte de las motocicletas, el costo por la carga de la batería de las bicicletas eléctricas y un análisis de los requisitos que tiene que cumplir la motocicleta para poder circular, entre ellos, costo de matrícula, licencia de conducir y mantenimiento.

2.2.9.1 Costo por tiempo de traslado.

Se estimarán los costos por tiempo de traslado de un lugar a otro cuya distancia sea superior a 1 km; pues la gran parte de recorridos de entrega consiste en lugares separados menos de 1 km, a los que se puede llegar más rápido en bicicleta eléctrica.

El tiempo de estos recorridos será estimado de manera manual, pues los instrumentos GPS pueden mostrar el instante en el que la motocicleta o la bicicleta empiezan y terminan un recorrido de un lugar a otro.

La tarifa por cada minuto que toma trasladarse de un lugar a otro será estimada por el salario básico unificado que rige en la actualidad en Ecuador; el cual, según el Ministerio de Trabajo es de USD 375,00 por laborar 160 horas (Ministerio del Trabajo, 2017); por lo tanto, el minuto de trabajo se traduce a 4 centavos de dólar.

Por lo tanto, el costo por el tiempo de traslado está dado por la ecuación 24.

$$Costo_t = tarifa_t \cdot \Delta t$$

Ec. (24)

En donde:

Costo_t: Costo por el tiempo de traslado [USD]

tarifa_t: Tarifa por el minuto de trabajo en Ecuador, [USD 0,04/min]

Δt: Tiempo de recorrido de un lugar a otro [min]

2.2.9.2 Costo por consumo energético.

El costo de consumo de energía durante el recorrido de la motocicleta de entrega puede estimarse por el volumen de combustible consumido durante el mismo; este según (Cedillo, 2013), viene dado por la siguiente ecuación.

$$v_f = \frac{Ec_m}{\rho_c \cdot LHV}$$

Ec. (25)

En donde:

v_f : Volumen de combustible consumido [lit]

Ec_m : Energía consumida por la motocicleta [kWh]

LHV: Poder calorífico inferior de la gasolina, 43.448 [kJ/kg] (Greet, 2011)

ρ_c : Densidad del combustible, 744,78 [kg/m³] (Greet, 2011)

Se utilizarán los siguientes factores de conversión para obtener las unidades especificadas:

$$1kWh = 3600kJ$$

$$1m^3 = 1000lit$$

(Cengel & Boles, 2012)

En Ecuador se comercializa dos tipos de gasolina para el uso del parque automotor; súper con 90 octanos y extra con 87 octanos, las cuales son subsidiadas por el estado, llegando a tener el precio más bajo de Latinoamérica y el Caribe (El Telégrafo, 2017).

Según el decreto ejecutivo No 799 la gasolina extra y súper se venden a las comercializadoras en 1,30 [USD/gal] y 1,68 [USD/gal] respectivamente (EP PETROECUADOR, 2017b); aunque en las estaciones de servicio se incrementa el valor para el consumidor final.

El subsidio para la gasolina súper en Ecuador es de 0,19 [USD/gal], mientras que para gasolina extra, el estado subsidia 0,36 [USD/gal] (Heredia, 2016).

En la Tabla 2-8 se muestran los valores de costo de gasolina considerados en este estudio.

Tabla 2-8. Tarifas de comercialización de gasolina en Ecuador.

Tipo de gasolina	Costo [USD/gal]	Costo [USD/lit]
Extra	1,48	0,39
Extra – sin subsidio	1,84	0,48
Súper	2,32	0,61
Súper – sin subsidio	2,51	0,66

Fuente. (EP PETROECUADOR, 2017a; Heredia, 2016)

El precio del combustible consumido durante el recorrido es el producto entre las tarifas indicadas en la Tabla 2-8 y el volumen de combustible consumido:

$$Costo_c = tarifa_c \cdot v_f$$

Ec. (26)

En donde:

Costo_c: Costo por consumo de combustible [USD]

tarifa_c: Tarifa de la gasolina en Ecuador [USD/lit]

v_f: Volumen de combustible consumido [lit]

El costo por el consumo de energía eléctrica durante el periodo de carga de las baterías de las bicicletas viene expresado por el producto entre la energía eléctrica consumida durante la carga y las distintas tarifas que rige la Agencia de Regulación y Control de Electricidad en su Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas para el periodo comprendido entre enero y diciembre de 2017 (ARCONEL, 2016).

Tabla 2-9. Tarifa de consumo de energía eléctrica en Ecuador para el año 2017.

Rango de consumo mensual	Residencial	Comercial
[kWh]	[USD/kWh]	[USD/kWh]
0-50	0,0910	0,092
51-100	0,0930	
101-150	0,0950	
151-200	0,0970	
201-250	0,0990	
251-300	0,1010	
301-350	0,1030	
351-500	0,1050	
501-700	0,1285	
701-1000	0,1450	
1001-1500	0,1709	
1501-2500	0,2752	
2501-3500	0,4360	
Superior	0,6812	

Fuente. (ARCONEL, 2016).

Por lo tanto, el costo por consumo de energía eléctrica durante la carga de baterías de las bicicletas eléctrica, está dado por la ecuación 27.

$$Costo_e = tarifa_e \cdot Ec_{bc}$$

Ec. (27)

En donde:

Costo_e: Costo por consumo de energía eléctrica durante carga de batería [USD]

tarifa_e : Tarifa por consumo de energía eléctrica en Ecuador [USD/kWh]

E_{bc} : Energía eléctrica consumida durante la carga de la batería [kWh]

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se indican los resultados obtenidos durante la medición y análisis de datos recolectados en los recorridos de entrega de documentos y paquetería liviana por parte de las dos motocicletas que cuenta la empresa Rapid Service Cía Ltda., además, se determina las rutas y lugares más frecuentes de entrega, la cantidad de entregas realizadas, el tiempo de los recorridos, la estimación de costos por consumo energético y tiempo de traslado, y por último, la cantidad de CO₂ emitido durante la entrega de correspondencias.

En este capítulo se identificará como bicicleta 1 a la bicicleta eléctrica de producción nacional (Tabla 2-2) y como bicicleta 2 a la bicicleta eléctrica importada (Tabla 2-3); de igual manera, las motocicletas de Rapid Service Cía. Ltda. serán identificadas con el número 1 o 2 según corresponda.

3.1 Resultados.

3.1.1 Entrega de correspondencias de Rapid Service Cía Ltda.

La empresa Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía Ltda., clasifica las correspondencias según su tamaño y lugar de destino, de esta manera selecciona con qué medio de transporte realizará la entrega, vehículos que se indicaron en la sección 1.4.

Todos los sobres con documentos; y cajas o correspondencias de tamaño menor a 15 litros o 0.015 m³, se llevan en motocicleta; mientras que las demás se transportan en los camiones o camioneta disponibles.

La Tabla 3-1, indica el promedio de correspondencias que se entregaron a diario por parte de la empresa, cuántas de ellas se llevan en motocicleta y cuántas se pueden entregar en bicicleta según el tamaño y el lugar de entrega, pues se ha considerado solamente el área urbana de la ciudad de Cuenca.

Tabla 3-1. Resumen de promedio de correspondencias entregadas por Rapid Service Cía Ltda durante la recolección de datos.

Promedio de correspondencias entregadas al día	93 ± 8
Promedio de correspondencias transportadas en motocicleta	40 ± 2
Porcentaje de correspondencias que se pueden llevar en bicicleta	39 %
Porcentaje de correspondencias transportadas en motocicleta que se pueden entregar en bicicleta	88 %

3.1.2 Ruta y lugares frecuentes de entrega.

Como se explicó en la sección 1.4 la empresa Rapid Service de Gonzalo Apolo Cía Ltda., cuenta con dos motocicletas que realizan la entrega de documentos y paquetería liviana en las diferentes zonas de la ciudad; dividiéndola como muestra la Figura 1.19.

De los recorridos realizados y el análisis de datos entregados por los instrumentos GPS y a través del software “Google Earth Pro”, se han determinado los lugares más frecuentes de entrega de documentos y paquetería liviana que son concretados por las motocicletas de la empresa en cuestión.

3.1.2.1 Lugares de entrega motocicleta #1.

En la Tabla 3-2, se mencionan los lugares más frecuentes de entrega, lugares a los que se recurrió más del 50% de recorridos realizados.

Tabla 3-2. Lugares de entrega de correspondencias de la motocicleta #1 de Rapid Service Cía Ltda.

Lugar	Dirección
Mirasol (sucursal)	Gran Colombia y Unidad Nacional
Office Soluciones	Gran Colombia y Av. de las Américas
KTM del Ecuador	Av. de las Américas
Kerámikos	Av. Héroes de Verdeloma
Banco Bolivariano	Av. Remigio Crespo y Unidad Nacional
Compufácil	Av. Remigio Crespo y calle Guayas
Multimotos	Padre Julio Matovelle y Alfonso Borrero
CUBE	Remigio Tamariz y Agustín Cueva
VazSeguros	Av. Solano y Aurelio Aguilar
MultiCoop	Remigio Tamariz y Av. Solano
CIKLA	Remigio Tamariz y Federico Proaño
Pizza Hut	Federico Proaño y Av. Remigio Crespo
Cooperativa Educadores del Azuay	Av. 12 de Abril a 80m del redondel José Peralta
MonteBianco	Av. Circunvalación Sur (autopista)
Indurama	Av. Don Bosco y Av. de las Américas

También se frecuentan otros lugares de entrega aledaños a las calles indicadas en la Tabla 3-2.; entre ellos Polaris (Gran Colombia y Av. de las Américas), HomeVega (Av. Ordóñez Lazo), Constructora Argudo (Av. Miguel Moreno y 10 de agosto), PayPhone (sector Av. Isabela Católica); entre otros.

En la Figura 3.1 se presenta la ruta recorrida por la motocicleta para realizar la entrega en los lugares indicados. “Google Earth Pro” muestra que la ruta detallada en este gráfico tiene un recorrido aproximado de 22 km.

Tabla 3-3. Lugares de entrega de correspondencias de la motocicleta #2 de Rapid Service Cía Ltda.

Lugar	Dirección
Marcimex	Luis Cordero y Vega Muñoz
Joyería Guillermo Vázquez	Gran Colombia y Luis Cordero
FujiFilm	Bolívar y Hermano Miguel
AutoHyundai	Av. Huayna-Cápac y Bolívar
EcuAmerican	Av. Paseo de los Cañaris y Cacique Duma
Plaza Gutiérrez	La República y Plaza Gutiérrez
Mirasol (matriz)	Av. España y Sebastián de Benalcázar
Imevi	Calle vieja y De las Alcabalas
Almacenes Juan Eljuri	Av. Gil Ramírez Dávalos y Armenillas
Embotelladora Cristal	Av. España y Turuhuaico
Tedasa Milchichig	Av. España y Av. de las Américas
JCEV. Corp.	Parque industrial
Señal X	Parque industrial
Cimarrones y Caranuma	Parque industrial
Muebles Carrusel	Parque industrial

De igual forma que para la motocicleta #1, se identificaron otros lugares de entrega cercanos a los detallados en la Tabla 3-2; entre ellos Fiscalía General del Estado (Bolívar y Borrero), Mega Tienda Santa Cecilia (Tomás Ordoñez y Mariscal Lamar), Telerama (Av. España y Turuhuaico) y otros lugares en el sector del parque industrial.

La Figura 3.2 muestra la ruta recorrida por la motocicleta para realizar la entrega en los lugares indicados anteriormente; “Google Earth Pro” presenta que existe un recorrido aproximado de 23 km.

acude hacia el local MonteBianco de la Av. Circunvalación Sur o hasta Indurama en la Av. Don Bosco los recorridos son mayores a 3 km, por lo que es más rápido llegar en motocicleta.

La Tabla 3-4. indica la cantidad de recorridos y tiempo promedio que se tarda en llegar en motocicleta y en las bicicletas eléctricas según el rango de distancias propuesto.

Tabla 3-4. Cantidad y tiempo de recorridos en diferentes rangos de distancia entre lugares de entrega de la motocicleta #1.

Rango de distancia [km]	# de recorridos [-]	Tiempo promedio [min]		
		Motocicleta	Bicicleta 1	Bicicleta 2
0 km y 1 km	8	2,79	2,08	2,16
1 km y 2 km	4	3,88	5,06	6,12
Mayores a 2 km	4	7,02	8,12	8,65

En la Figura 3.3, se muestra el tiempo promedio de los recorridos de entrega realizados de manera simultánea por la motocicleta #1 y las bicicletas eléctricas.

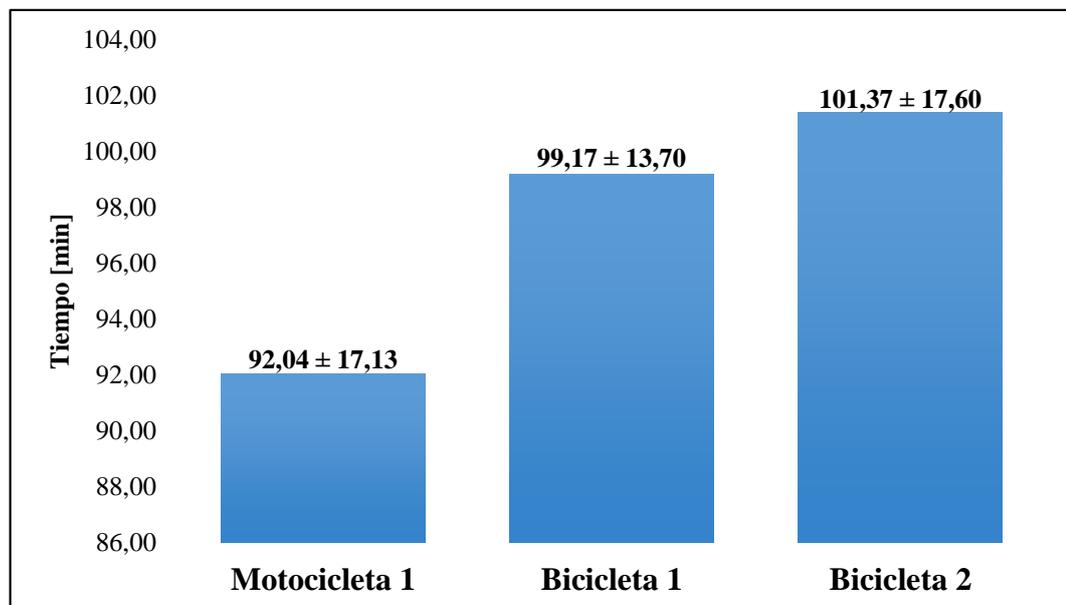


Figura 3.3. Tiempo de recorrido de entrega de motocicleta #1 y bicicletas eléctricas.

3.1.3.2 Motocicleta de entrega #2 y bicicletas eléctricas.

De igual forma que para la motocicleta #1, existen sectores en los que la motocicleta #2, tiene que recorrer distancias menores a 1 km entre un lugar de entrega y otro, como en el centro histórico de la ciudad o las zonas cercanas a la Av. España; sin embargo, por ejemplo, para trasladarse desde la Av. España hasta el sector del parque industrial existe mayor distancia; por lo tanto, a estos lugares se puede acceder más rápido en motocicleta.

Al igual que para la motocicleta #1 la Tabla 3-5., muestra detallados la cantidad de recorridos existentes para los diferentes rangos de distancia y el tiempo que toma realizarlos en motocicleta y en las bicicletas eléctricas.

Tabla 3-5. Cantidad y tiempo de recorridos en diferentes rangos de distancia entre lugares de entrega de la motocicleta #2.

Rango de distancia	# de recorridos	Tiempo promedio [min]		
		Motocicleta	Bicicleta 1	Bicicleta 2
[km]	[-]			
0 km y 1 km	12	3,18	2,86	3,64
1 km y 2 km	4	4,71	4,29	5,38
Mayores a 2 km	2	5,80	6,83	9,97

En la Figura 3.4 se muestra el tiempo total promedio que duran los recorridos de entrega de la motocicleta #2 conjuntamente con las bicicletas eléctricas.

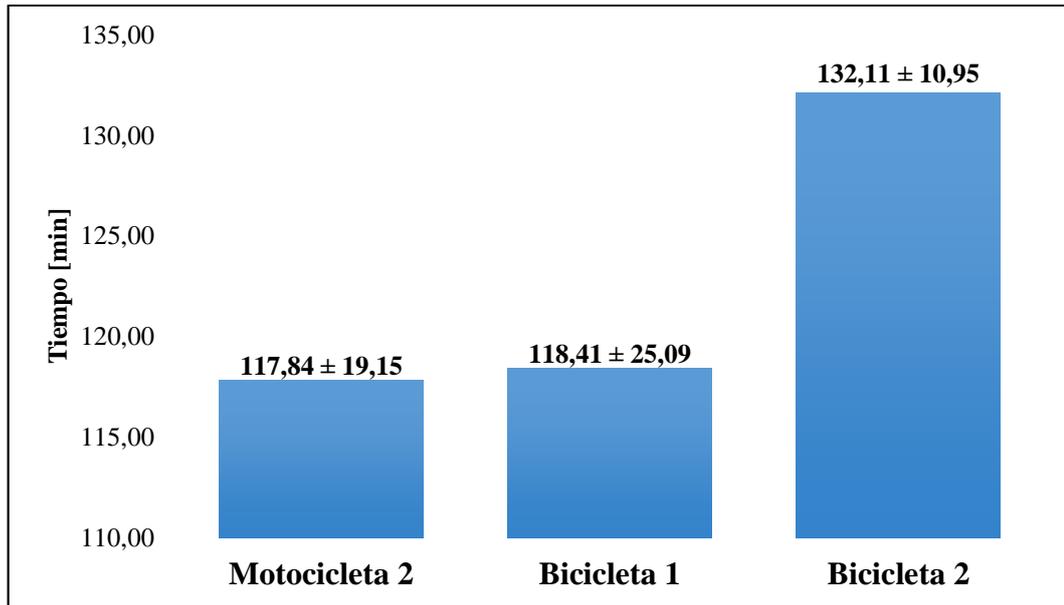


Figura 3.4. Tiempo de recorrido de entrega de motocicleta #2 y bicicletas eléctricas.

3.1.4 Consumo de energía.

Como se explicó previamente se realizó la estimación del consumo energético durante los recorridos de entrega de correspondencias a través de la dinámica del vehículo; de igual forma que para el tiempo de traslado, se clasificó el análisis según el seguimiento a cada una de las motocicletas que dispone la empresa Rapid Service Cía. Ltda.

Tabla 3-6. Variables de consumo energético para motocicleta de entrega #1 y bicicletas eléctricas.

Parámetro		Motocicleta 1	Bicicleta 1	Bicicleta 2
Distancia promedio	[km]	17,45 ± 3,01	14,43 ± 2,43	13,57 ± 2,71
Consumo energético	[kWh]	1,78 ± 0,28	0,12 ± 0,02	0,14 ± 0,03
Consumo energético por km recorrido	[Wh/km]	108,48 ± 0,28	7,95 ± 0,50	10,28 ± 0,74

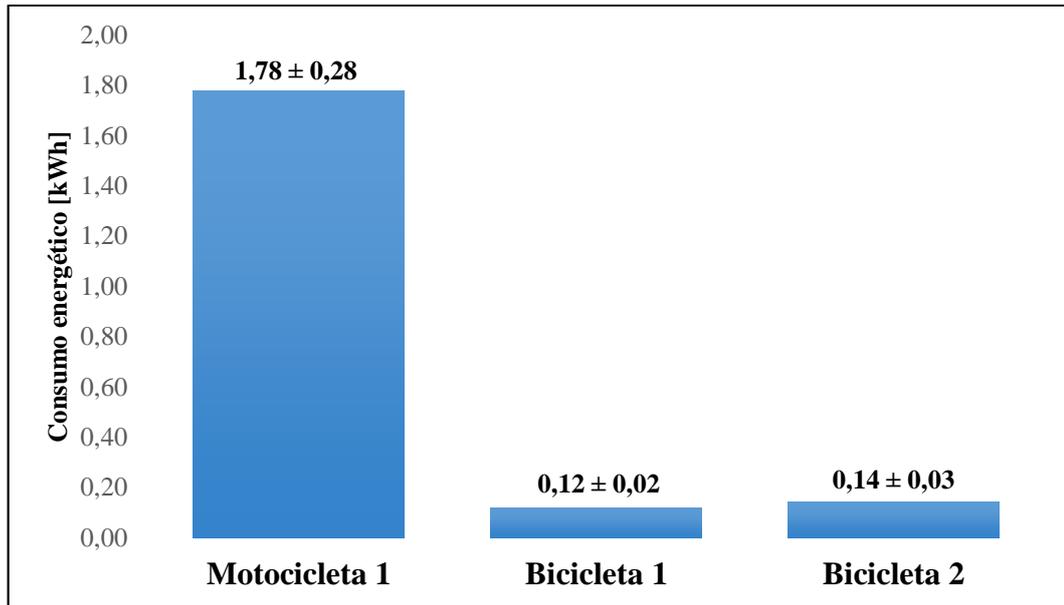


Figura 3.5. Consumo energético promedio durante recorridos de entrega de motocicleta #1 y bicicletas eléctricas.

Tabla 3-7. Variables de consumo energético para motocicleta de entrega #2 y bicicletas eléctricas.

Parámetro		Motocicleta 2	Bicicleta 1	Bicicleta 2
Distancia promedio	[km]	17,69 ± 2,51	15,12 ± 3,96	17,67 ± 2,80
Consumo energético	[kWh]	1,94 ± 0,29	0,15 ± 0,06	0,21 ± 0,09
Consumo energético por km recorrido	[Wh/km]	110,56 ± 11,02	9,77 ± 2,63	11,73 ± 3,54

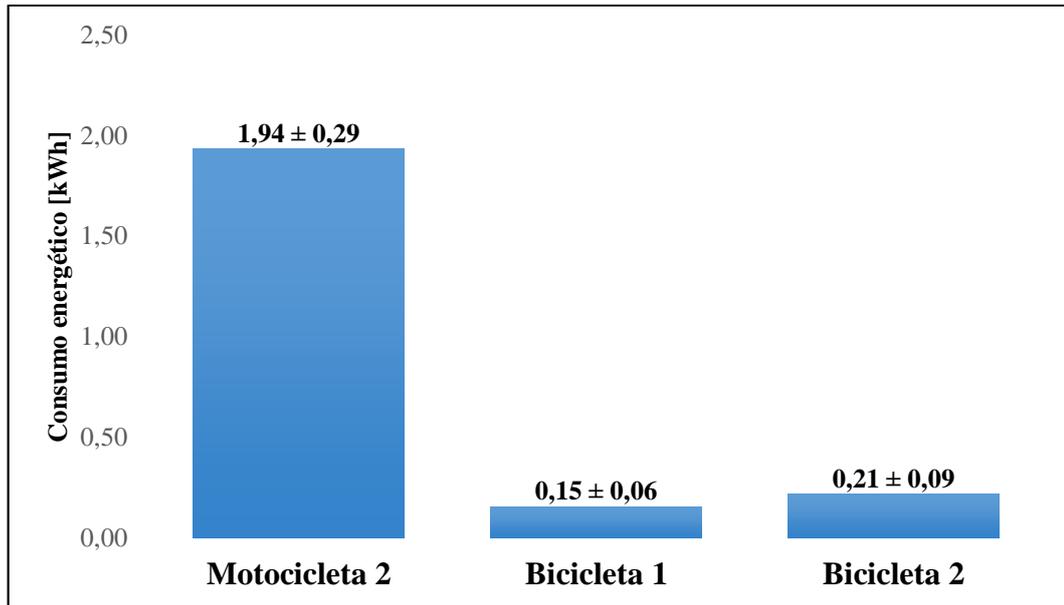


Figura 3.6. Consumo energético promedio durante recorridos de entrega de motocicleta #2 y bicicletas eléctricas.

3.1.4.1 Consumo de energía eléctrica durante carga de las bicicletas eléctricas.

Durante el periodo de carga de baterías de las bicicletas eléctricas se midió la energía eléctrica consumida con el medidor de potencia indicado en la Tabla 2-6; los resultados se indican en la Tabla 3-8.

Tabla 3-8. Consumo promedio de energía eléctrica durante carga de batería de bicicletas.

Vehículo	Consumo promedio de energía eléctrica [kWh]
Bicicleta 1	0,198 ± 0,027
Bicicleta 2	0,247 ± 0,039

3.1.5 Emisiones de CO₂.

En la sección 3.1.4 se indicaron los valores de distancia promedio recorridos por las motocicletas durante los recorridos de entrega y la energía eléctrica consumida durante la carga de la batería de las bicicletas eléctricas; a través de los factores de emisión dados en la sección 2.2.8 se estimaron las emisiones de CO₂ producidas durante los recorridos de entrega; estos se indican en la Tabla 3-9.

Tabla 3-9. Emisiones de CO₂ promedio en recorridos de entrega.

Emisiones de CO₂ [g/recorrido]		
Motocicletas	Bicicleta 1	Bicicleta 2
2092,10 ± 213,46	100,05 ± 13,69	125,16 ± 15.92

3.1.6 Estimación de costos.

En esta sección se indicará la estimación de costos para la entrega de correspondencias; según el tiempo de traslado y el consumo de energía tanto en motocicleta como en las bicicletas eléctricas utilizadas en el análisis.

3.1.6.1 Costos por tiempo de traslado.

En la sección 3.1.3 se indica el tiempo que toma realizar un recorrido de entrega de un lugar a otro, según los distintos rangos de distancia especificados y la cantidad promedio de recorridos que existe entre cada intervalo de distancia.

Según las Tablas 3-4 y 3-5, en cada entrega diaria de correspondencias, en promedio existen 10 trayectos de lugares ubicados a menos de 1 km de distancia, 4 recorridos entre lugares distanciados de 1 km a 2 km y 3 recorridos entre lugares que están a más de 2 km.

A través de la tarifa de USD 0,04 para cada minuto de trabajo en Ecuador, especificada en la sección 2.2.9; se indican los resultados de costos según el tiempo promedio que toma realizar cada recorrido en motocicleta como en las bicicletas eléctricas, esto se indica en la Tabla 3-10.

Tabla 3-10. Estimación de costos por tiempo de entrega.

Rango de distancia	# de recorridos	Vehículo	Tiempo promedio [min]	Costo [USD]
0 y 1 km	10	Motocicleta	2,98	1,19
		Bicicleta 1	2,47	0,99
		Bicicleta 2	2,90	1,16
1 y 2 km	4	Motocicleta	4,29	0,69
		Bicicleta 1	4,68	0,75
		Bicicleta 2	5,75	0,92
más de 2 km	3	Motocicleta	6,41	0,77
		Bicicleta 1	7,48	0,90
		Bicicleta 2	9,31	1,12

3.1.6.2 Costos por consumo de energía.

En la sección 3.1.4 se indican los resultados promedio de consumo de energía para cada recorrido promedio; a partir de ellos, con las ecuaciones indicadas en la sección 2.2.9 se obtienen los costos por consumo energético para la motocicleta de entrega (consumo de combustible) y para las bicicletas eléctricas (consumo de electricidad de tarifa comercial) como se indica en las Tablas 3-11 y 3-12.

Tabla 3-11. Costos de consumo de combustible para la motocicleta de entrega.

Combustible	Extra	Extra (sin subsidio)	Súper	Súper (sin subsidio)
Costo [USD/recorrido]	0,08 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,14 ± 0,01

Tabla 3-12. Costos de consumo de energía eléctrica para la carga de batería de las bicicletas eléctricas.

Vehículo	Bicicleta 1	Bicicleta 2
Costo [USD/recorrido]	0,02	0,03

3.2 Discusión.

En esta sección se evaluará y contrastará los distintos parámetros que representan a cada vehículo durante los recorridos de entrega de correspondencias, y de esta manera determinar si al menos una de las bicicletas eléctricas puede ser utilizada como alternativa para este servicio.

3.2.1 Tiempo de traslado.

Según los resultados de tiempo de traslado para los diferentes rangos de distancia determinados en la sección 3.1.3 los recorridos que más se realiza son entre lugares separados menos de 1 km los cuales en la bicicleta eléctrica de producción nacional se pueden hacer en un tiempo 17% menor o en la bicicleta eléctrica importada en un tiempo 3% menor; mientras que la diferencia de tiempo entre ambas bicicletas eléctricas y la motocicleta, para llegar a un lugar ubicado a menos de 1 km es menor a 1 minuto.

Para llegar a lugares ubicados entre 1 km y 2 km de distancia el tiempo de recorrido en motocicleta es 8% menor que en la bicicleta eléctrica de producción nacional y 25% menor que en la bicicleta eléctrica importada, aunque en la bicicleta eléctrica de producción nacional se llega en promedio 24 segundos más tarde y en la bicicleta eléctrica importada con un retraso de 1 minuto 28 segundos respecto a la motocicleta.

Por último, para acudir a lugares ubicados a más de 2 km de distancia, definitivamente se puede hacer más rápido en motocicleta, pues en esas rutas existen vías en las que se puede circular a mayor velocidad; en efecto, en la bicicleta eléctrica de producción nacional se tarda 14% más tiempo que en motocicleta; mientras que en la bicicleta eléctrica importada el tiempo es 31% mayor que la motocicleta; aunque la diferencia de tiempo promedio para la bicicleta eléctrica de producción nacional es 1 minuto 4 segundos mayor y para la bicicleta eléctrica importada superior en 2 minutos 54 segundos.

3.2.2 Consumo de energía.

En las Figuras 3.5 y 3.6 se observa que el consumo energético promedio durante los recorridos de entrega, es 12,25 veces mayor en motocicleta; mientras que, para la carga de la batería de las dos bicicletas eléctricas, la bicicleta eléctrica importada requiere 25% más energía eléctrica para poder alcanzar el nivel máximo de carga.

3.2.3 Emisiones de CO₂.

En la sección 3.1.5 se indican las emisiones de CO₂ por cada recorrido de entrega de correspondencias en motocicleta y en las bicicletas eléctricas utilizadas donde se tiene una relación promedio de 18,58:1; es decir, si se realizara la entrega de correspondencias en bicicleta eléctrica se emitiría 18,58 veces menos CO₂ al ambiente, como se indica en la Figura 3.7. Si la generación de electricidad en Ecuador fuera 100% por hidroeléctricas, las emisiones de CO₂ durante la carga de la batería de las bicicletas eléctricas serían nulas (De la Torre, Fajnzylber, & Nash, 2009).

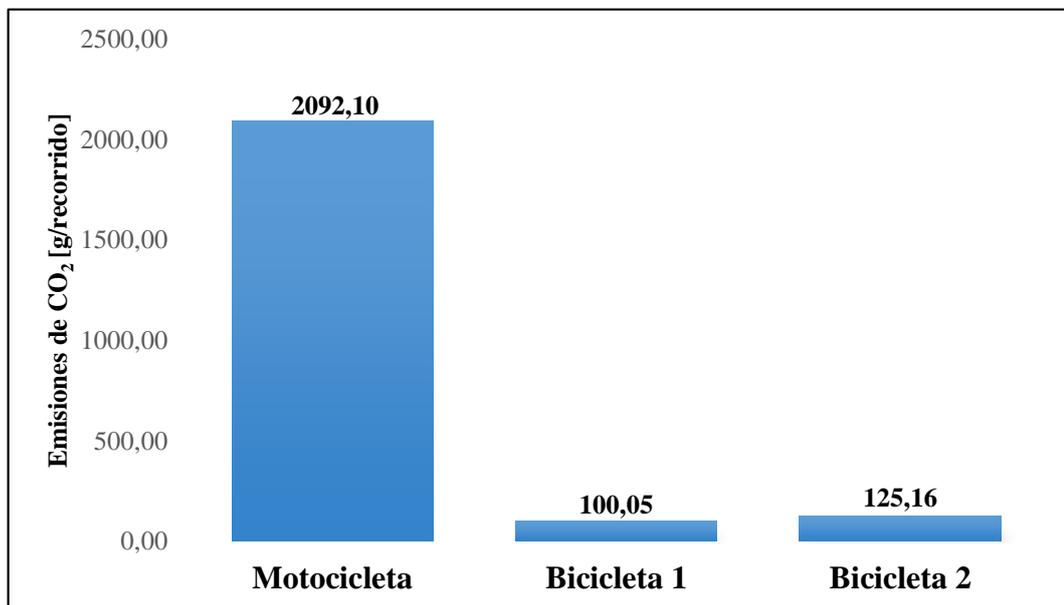


Figura 3.7. Emisiones de CO₂ durante los recorridos de entrega.

En la Tabla 3-13 se muestra la proyección de emisiones de CO₂ después de un mes, un año y cinco años de realizar los recorridos de entrega en motocicleta y en las bicicletas eléctricas analizadas.

Tabla 3-13. Proyección de cantidad de emisiones de CO₂ para recorridos de entrega de correspondencias.

Vehículo	Mensual	Anual	5 años
Motocicleta	41,84 kg	502,11 kg	2510,53 kg
Bicicleta 1	2,00 kg	24,01 kg	120,06 kg
Bicicleta 2	2,50 kg	30,04 kg	150,19 kg

3.2.4 Costos.

En la Tabla 3-14 se muestran los valores totales de costo diario para los recorridos de entrega sumando los valores obtenidos en la Tabla 3-10. Se puede ahorrar dos centavos al día si se realizara el recorrido en la bicicleta eléctrica de producción nacional, la cual es más eficiente en cuanto a consumo de energía eléctrica, tiempo de traslado de un lugar a otro en comparación con la bicicleta eléctrica importada; por este motivo, en esta sección se compararán los costos de la motocicleta contra la bicicleta eléctrica de producción nacional.

Tabla 3-14. Costo total promedio diario por tiempo de traslado en recorridos de entrega de correspondencias.

Vehículo	Costo tiempo de traslado [USD]
Motocicleta	2,65
Bicicleta 1	2,63
Bicicleta 2	3,20

La diferencia entre la bicicleta eléctrica y la motocicleta en cuanto a costos por tiempo de traslado es mínima, por lo que no se considerará en este análisis; sin embargo, es importante tener en cuenta que en promedio una bicicleta eléctrica sí puede realizar un

recorrido de entrega en tiempo similar al de una motocicleta, la cual, según las pruebas realizadas, no se perjudica por el congestionamiento vehicular como lo hace un vehículo de cuatro ruedas (Tsai, Chu, & Hu, 2015).

En adición, existen otros factores que sí inciden para el presente análisis, entre ellos el costo por consumo energético, el costo por mantenimiento y costos por otros factores como la licencia para conducir motocicleta o el valor de matrícula anual que se tiene que pagar para poder circular con la misma.

Según las Tablas 3-11 y 3-12, la relación de costo de consumo energético de la motocicleta contra la bicicleta eléctrica de producción nacional está entre 4 y 7 veces a 1, esto según la tarifa que rige para el combustible y la electricidad a nivel nacional.

En la Tabla 3-15 se indica la proyección de costos anuales por consumo energético considerando el escenario en el que para la motocicleta se utiliza gasolina extra subsidiada por el gobierno.

Tabla 3-15. Costos por consumo energético en motocicleta y bicicleta eléctrica para recorridos de entrega.

Vehículo	Costo consumo energético [USD]	
	Mensual	Anual
Motocicleta	1,60	19,20
Bicicleta eléctrica	0,40	4,80

También se debe considerar que la motocicleta no solamente realiza recorridos de entrega, sino, en horario vespertino se cumple con la tarea de recepción de correspondencias para su posterior envío por lo que si se quisiera realizar esta tarea en bicicleta eléctrica se debería considerar llevar una batería adicional.

En la bicicleta eléctrica se consideró un costo de mantenimiento por calibración del sistema de frenos y de los demás elementos mecánicos (radios de aros, lubricación de cadena de transmisión, etc) de USD 5,00 luego de un mes de realizada las pruebas; lo que daría un total anual en mantenimiento de USD 60,00.

Para la motocicleta se tiene un plan de mantenimiento entregado por la empresa “Morejón motos” (ver anexo 6.2); el cual se realiza cada tres meses y tiene un costo aproximado de USD 56,00; por lo que anualmente en mantenimiento de una motocicleta se gasta USD 224,00; con lo cual existe una relación de costo de mantenimiento de 3,73:1 entre los dos tipos de vehículos analizados.

El costo de matrícula de la motocicleta de Rapid Service Cía Ltda. es en promedio USD 100,00 al año (SRI, 2017) y la licencia de conducir cuesta USD 65,00 con una validez de cinco años (ANT, 2017), es decir, USD 13,00 al año.

En la Tabla 3-16 se detalla el resumen de los costos anuales para cada uno de los vehículos analizados.

Tabla 3-16. Resumen de costos anuales comparando la motocicleta de entrega de Rapid Service Cía Ltda. y la bicicleta eléctrica.

Parámetro	Costos anuales [USD]	
	Motocicleta	Bicicleta eléctrica
Consumo energético	19,20	4,80
Mantenimiento	224,00	60,00
Matrícula	100,00	0,00
Licencia de conducir	13,00	0,00
Total	356,20	64,80

La Tabla 3-16 muestra que se podría tener un ahorro anual de USD 291,20.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- Rapid Service Cía. Ltda. cumple con el servicio de entrega de correspondencias clasificando según el tamaño de carga y lugar de recepción; para así elegir el medio de transporte conveniente, ya sea camión, camioneta o motocicleta. En esta última se transporta paquetería liviana en general; sobres, documentos y paquetes de volumen menor a 15 litros.
- Rapid Service Cía. Ltda. divide a la ciudad de Cuenca en varios sectores para la distribución de movilización de los diferentes vehículos disponibles; durante la medición de datos se notó claramente que para las motocicletas se divide a la ciudad en dos, la primera motocicleta para los sectores de la Av. de las Américas y Av. Héroes de Verdeloma, lugares aledaños a la Av. Remigio Crespo, sector Av. Circunvalación Sur hacia el sur oeste, entre otros; la segunda motocicleta circula por el centro histórico, Av. Paseo de los Cañaris, Av. España, Totoracocha y sector Parque Industrial.
- En promedio, la bicicleta eléctrica puede entregar el 88% de correspondencias de la motocicleta, esto porque esta última puede acceder a lugares con pendientes excesivas o vías de circulación de mayor velocidad; y el 39% del total de correspondencias o paquetería que entrega Rapid Service Cía Ltda.
- La mayoría de recorridos de entrega de correspondencias por parte de las motocicletas de la empresa en cuestión son entre lugares separados menos de 1 km, y durante el proceso de recolección de datos se demostró que en cualquiera de las bicicletas eléctricas se puede llegar más rápido.
- La diferencia de tiempo para lugares separados más de 1 km, es en promedio máximo 3 minutos, y al considerar que la cantidad de recorridos entre lugares alejados esa distancia es mayor; sí se puede establecer que la bicicleta eléctrica puede ser alternativa para la entrega de documentos y paquetería liviana, pues se tiene un tiempo de traslado aproximadamente igual que en la motocicleta.

- La motocicleta consume 12,25 veces más energía que la bicicleta eléctrica; mientras que la bicicleta eléctrica importada requiere 25% más energía eléctrica que la de producción nacional para alcanzar el nivel máximo de carga de la batería. Por lo tanto, la bicicleta eléctrica de producción nacional puede ser utilizada para la prestación de este servicio, además, es más liviana, segura (tiene frenos de disco) y económica.
- La relación de emisiones de CO₂ al ambiente es 18,58:1; y si se considera que Rapid Service Cía Ltda. use la bicicleta eléctrica para la entrega de documentos de paquetería liviana en lugar de las dos motocicletas, en cinco años dejaría de emitir aproximadamente 5 toneladas de este gas de efecto invernadero al ambiente.
- Según los puntos anteriores, para la entrega de documentos y paquetería liviana en las zonas urbanas de la ciudad de Cuenca sí es factible utilizar una bicicleta eléctrica.
- Si las 31 empresas de entrega de correspondencias presentes en Cuenca considerarían realizar la entrega de documentos y paquetería liviana en bicicleta, se podría dejar de emitir un mínimo de 15 toneladas de CO₂ anuales.
- En cuanto a costos por tiempo de traslado no existe mayor diferencia pues la bicicleta eléctrica puede hacerlo casi en el mismo tiempo que la motocicleta; que, por su menor tamaño, no se ve afectada por el congestionamiento vehicular como un vehículo de cuatro ruedas.
- Los costos por consumo energético, mantenimiento y otros factores para poder circular en motocicleta dan un ahorro de aproximadamente USD 291,00 al año; si se considera las dos motocicletas que dispone Rapid Service Cía. Ltda. se podría llegar a tener un ahorro anual de USD 582,00.
- Al comparar las dos bicicletas eléctricas, la bicicleta eléctrica de producción nacional, puede llegar en un tiempo aproximadamente igual al de la motocicleta; y, además, consume menos energía eléctrica que la importada; por lo tanto, emite menos contaminantes durante la generación de energía para la carga de su batería.

Recomendaciones.

- Es factible que la empresa Rapid Service Cía Ltda. realice la entrega de documentos y paquetería liviana en las zonas urbanas de la ciudad de Cuenca en bicicleta eléctrica; y para las entregas que son en lugares extra urbanos como Ricaurte, Challuabamba, Racar, etc; a los cuales es difícil acceder en bicicleta, se recomienda seguir utilizando la motocicleta o realizar la distribución de correspondencias hacia esos lugares en camión o camioneta.
- Usar instrumentos de seguridad para movilizarse en bicicleta, pues se pueden alcanzar velocidades de hasta 40 km/h al circular por la Av. de las Américas, Av. Circunvalación Sur, entre otros, lo cual podría desencadenar en lesiones en el caso de existir un accidente.
- Tomar en cuenta las diferentes señales de tránsito; como cruzar semáforos en rojo con precaución, evitar circular en contravía, circular por la derecha.
- Proteger el kit eléctrico y la batería de la bicicleta eléctrica en días en que el clima esté nublado o exista lluvia leve y evitar salir en días en los que exista lluvia precipitada; aunque existen bicicletas eléctricas que su kit eléctrico se encuentra protegido contra el agua.
- Asegurar la bicicleta eléctrica y la caja de transporte de carga al momento de entregar correspondencia y no dejarla en lugares fuera de vista del responsable.
- Considerar los resultados obtenidos en este trabajo; y proponer el diseño y construcción de una bicicleta eléctrica de carga (e-cargo bike), las cuales en la actualidad circulan por varias ciudades de Estados Unidos y Europa, y analizar su factibilidad; pues al tener una bicicleta de mejores características se puede cubrir un mayor rango de servicios (correspondencias, comida, medicinas, repuestos, etc.)

BIBLIOGRAFÍA

- AJM. (2017). Bicicleta eléctrica negra. Recuperado el 1 de febrero de 2017 de <http://www.ajm.ec/producto/bicicletas-electricas-bicicletas-electricas-recargables-bicicleta-electrica-negra/620/>
- ANT. (2017). Licencia tipo A. Recuperado el 17 de junio de 2017 de <http://www.ant.gob.ec/index.php/licencias/160-licencias-de-conducir-tipo-a-por-primera-vez#.WWznNeg19PY>
- ARCONEL. (2016). Pliego tarifario para las empresas eléctricas, 16. Recuperado de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/01/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-SPEE-2017.pdf>
- Asensio, S., Blanquer, J., & Moreno, R. (2005). *La pendiente del terreno*. Valencia.
- Beer, F., Johnston, R., & Cornwell, P. (2010). *Mecánica Vectorial Para Ingenieros - Dinámica*. (P. Roig, Ed.) (9na ed.). México: McGraw-Hill.
- Benedicte, S., & Rzewnicki, R. (2015). Recomendaciones de la logística de bicicleta para ciudades, 1–12.
- Bosch, R. (1999). *Manual de la técnica del automovil* (3rd ed.). Barcelona: Reverte.
- Cantú, P. C. (2014). Cambio climático: sus repercusiones para la sustentabilidad. *Sustentabilidad Ecológica*, 17(67), 31–36.
- Cárdenas, J. (2012). Creación de una empresa de servicios de courier en la parroquia Eloy Alfaro del cantón Quito. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/755/1/T-UCE-0003-28.pdf>
- Cascajosa, M. (2005). *Ingeniería de vehículos*. (AlfaOmega, Ed.) (2nd ed.). México.
- Cedillo, K. (2013). *Determinación de ciclos típicos de conducción*. ITESM.
- Cengel, Y., & Boles, M. (2012). *Termodinámica* (7th ed.). México DF: McGraw-Hill.
- Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2006). *Métodos numéricos para ingenieros*. (P. Roig & L. Campa, Eds.) (5ta ed.). México D.F.: McGraw-Hill.

Conway, A., & Koning, M. (2016). Los buenos efectos del ciclismo para entrega de correspondencias: Lección de París. *Case Studies on Transport Policy*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.cstp.2016.08.007>

Cossalter, V. (2006). *Motorcycle Dynamics*. Padova.

Das, S., & Redrouthu, B. (2014). *Tyre modelling for rolling resistance*. Goteborg. Recuperado de <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/200040/200040.pdf>

De la Torre, A., Fajnzylber, P., & Nash, J. (2009). *Low-Carbon Development: Latin American Responses to Climate Change*. Washington D.C.: The World Bank. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/uazuay-ebooks/detail.action?docID=476227>

DHL. (2015). DHL Express extends the use of bicycle couriers to more European cities. Recuperado de http://www.dpdhl.com/en/responsibility/environmental-protection/improving_efficiency/vehicles/dhl_express_bicycle_couriers_in_european_cities.html

Domínguez, E., & Ferrer, J. (2012). *Sistemas de transmisión y frenado*. EDITEX.

Ecobici. (2017). Histórico de usos. Recuperado de <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/estadisticas>

Ecobike. (2017). Sua entrega diária mais verde. Recuperado de <http://ecobikecourier.com.br/>

Ecuacyclo. (2016). *Bicicleta eléctrica ecológica suspensión*.

El Telégrafo. (2017, May 6). El precio de los combustibles en Ecuador es el más bajo de la región. Quito. Recuperado de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/el-precio-de-los-combustibles-en-ecuador-es-el-mas-bajo-de-la-region>

EMOV. (2014). *Inventario de emisiones atmosféricas del Cantón Cuenca 2011*.

EPA. (2015). *Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories*. Recuperado de

<http://bit.ly/2p1hiAI>

EP PETROECUADOR. (2017a). *Contratos Petrocard*.

EP PETROECUADOR. (2017b). *Precios de venta a nivel de terminal para las comercializadoras calificadas y autorizadas*.

Gillespie, T. (1992). *Fundamentals of vehicle dynamics*. Warrendale: Society of Automotive Engineers.

González, D. (2012). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Madrid: Paraninfo.

Google. (2017). Mapa de Cuenca. Recuperado de <https://www.google.com.ec/maps/place/Gran+Colombia+21-251,+Cuenca/@-2.8918946,-79.0197134,18.3z/data=!4m1!1m12!4m11!1m3!2m2!1d-79.0186638!2d-2.8917793!1m6!1m2!1s0x91cd22a7fc76e8eb:0x45c8544b721b5c22!2sColiseo+Jefferson+Perez+Quezada,+Cuenca!2m2!1d-79.019>

Green, J., Klakamp, J., Orjuela, J. P., & Sánchez, S. (2013). *Metodologías para la estimación de emisiones de transporte urbano de carga y guías para la recopilación y organización de datos*. Clean Air Institute. Washington D.C.

Greet. (2011). *Lower and Higher Heating Values of gas, liquid and solid fuels*. Biomass Energy Data Book. Argone, IL. Recuperado de <https://goo.gl/AgUd71>

Gross, A. C., Chester, R., Kyle, J., & Malewicki, D. (1983). *The aerodynamics of human powered land vehicles*. *Scientific American* (Vol. 249). <https://doi.org/10.1038/scientificamerican1283-142>

Gruber, J., & Kihm, A. (2016). ¿Rechazar o aceptar? Mensajeros y bicicletas eléctricas de carga, *12*(June 2015), 900–910.

Gruber, J., Kihm, A., & Lenz, B. (2014). ¿Un nuevo vehículo para el transporte urbano? Evaluación de bicicletas eléctricas de carga en servicios de mensajería. *Research in Transportation Business and Management*, *11*, 53–62.

Heredia, V. (2016, August 21). Gasto en subsidios a los combustibles se redujo en

80% en Ecuador. *El Comercio*. Quito. Recuperado de <http://www.elcomercio.com/actualidad/gasto-subsidios-combustibles-petroleo-gasolina.html>

Honda. (2013). *Línea HONDA - fichas técnicas*.

IBISWorld. (2016). Global Courier & Delivery Services: Market Research Report. Recuperado de <https://www.ibisworld.com/industry-trends/global-industry-reports/transport-post-storage/courier-delivery-services.html>

INEC. (2016). *Anuario de estadística de transporte 2015*. Recuperado de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/EstadisticaTransporte/2015/2015_AnuarioTransportesMetodologia.pdf

Intertek. (2014). Power meter buster.

Johnson, M., & Rose, G. (2015). Extending life on the bike: Electric bike use by older Australians. *Journal of Transport and Health*, 2(2), 276–283.

Jorna, R., & Mallens, M. (2013). *Promoviendo bicicletas y escúteres eléctricos para la entrega de mercancías y transporte de pasajeros en zonas urbanas*. Recuperada de http://www.pro-e-bike.org/wp-content/uploads/2016/04/D6.4.-Summary_Spanish.pdf

Kroesen, M. (2017). *To what extent do e-bikes substitute travel by other modes? Evidence from the Netherlands. Transportation Research Part D: Transport and Environment* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.04.036>

Lemire, J. (2004). The Energy Cost of Electric and Human-Powered Bicycles. *Lithium*.

León, J. (2015). *Evaluación de impacto ambiental, económico y social*.

MAE. (2013). *Factor de Emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador* (Vol. 1). Quito.

Maes, J., & Vanelslander, T. (2012). The use of bicycle messengers in the logistics chain, concepts further revised, 39, 409–423.

- MathWorks. (2017). Smooth. Recuperado el 28 de mayo del 2017 de <https://www.mathworks.com/help/curvefit/smooth.html?requestedDomain=www.mathworks.com>
- MICSE. (2016). Balance energético nacional 2015. *Balance Energético Nacional 2015*, 99–159. Recuperado de <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/balance-energetico/>
- Ministerio del Trabajo. (2017). *Acuerdo Ministerial 0300*. Quito. Recuperado de <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/01/AM-SBU-MDT-2016-0300.pdf>
- Miyamasu, M., & Akatsu, K. (2011). Efficiency comparison between Brushless dc motor and Brushless ac motor considering driving method and machine design. *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, 2(1), 1830–1835. <https://doi.org/10.1109/IECON.2011.6119584>
- Municipalidad de Cuenca. (2015a). Plan de movilidad y espacios públicos.
- Municipalidad de Cuenca. (2015b). *Plan de movilidad y espacios públicos - Plan operativo de bicicletas*. Cuenca.
- Nocerino, R., Colorni, A., Lia, F., & Luè, A. (2016). Bicicletas y escúteres eléctricos para logística inteligente: Sostenibilidad ambiental y económica en el proyecto piloto italiano Pro e-bike. *Transportation Research Procedia*, 14, 2362–2371.
- NPI. (2008). *Emission estimation technique manual for combustion engines*. Australia. Recuperado de <http://www.npi.gov.au/system/files/resources/afa15a7a-2554-c0d4-7d0e-d466b2fb5ead/files/combustion-engines.pdf>
- Ordoñez, S. (2016). *Evaluación de una bicicleta eléctrica como alternativa de movilidad en la ciudad de Cuenca*. Universidad del Azuay.
- Pesántes, M. (2012). *Confort térmico en el área social de una vivienda unifamiliar en Cuenca - Ecuador*. Universidad de Cuenca.
- Potvin, A., Sysoeva, N., Rai, J., & Colomb, M. (2016). *Global shippers GDP Growth from Developing Nations & the Rise of E-Commerce will Stimulate Demand for*

Courier & Delivery Services.

Puzhi, M., & Zhinin, S. (2014). *Simulación de los procesos psicrométricos utilizando el lenguaje de programación JAVA*. Universidad de Cuenca.

Qstarz. (2016). Travel Recorder XT, 1–10.

Racelogic. (2014). *Vbox Sport Technical specifications*. Recuperado de [http://racelogic.co.uk/_downloads/Techical_Specs/VBOX_SPORT - Technical Specs.pdf](http://racelogic.co.uk/_downloads/Techical_Specs/VBOX_SPORT_-_Technical_Specs.pdf)

Rapid Service. (2017). Recuperado de <http://rapidservice.com.ec/>

Rose, G. (2012). E-bikes and urban transportation: Emerging issues and unresolved questions. *Transportation*, 39(1), 81–96.

SEDEMA. (2016). *4to Informe de Gobierno Ciudad de Mexico*. México DF. Recuperado de <http://www.cms.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/57f63e/d5c/57f63ed5c37b2575734048.pdf>

Serway, R. A., & Kirkpatrick, L. D. (2005). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. The Physics Teacher* (Vol. 26). México: CENGAGE Learning. <https://doi.org/10.1119/1.2342517>

Sinha, A. (2017). Study of various motorcycle transmission drives. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 3(4), 1400–1403. Recuperado de <http://www.onlinejournal.in/IJIRV3I4/242.pdf>

SRI. (2017). Matriculación Vehicular. Recuperado de <https://declaraciones.sri.gob.ec/mat-vehicular-internet/reportes/general/buscarVehiculoValoresPagar.jspa>

Supercías. (2017). *Compañías por actividad económica*. Quito.

The Saturday Evening Post. (1921, February 5). For quick, economic delivery - The bicycle. New York.

Theurel, J., Theurel, A., & Lepers, R. (2012). Physiological and cognitive responses

when riding an electrically assisted bicycle versus a classical bicycle. *Ergonomics*, 55(7), 773–81. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22506555>

Tsai, J. F., Chu, C. P., & Hu, S. R. (2015). Road pricing for congestion and accident externalities for mixed traffic of motorcycles and automobiles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 71, 153–166. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.10.020>

UE. Directiva 2002/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea (2002).

Vélez, S., & Vera, A. (2016). *Obtención de los parámetros necesarios para el cálculo de la fuerza en rueda de vehículos eléctricos*. Universidad del Azuay.

Winora. (2016). B180.X. Recuperado de <http://www.winora.de/de/DE/ebikes/113/2017-b-180-x?colorId=41&frame=5>

ANEXOS

Anexo 1. Cantidad de correspondencias entregadas durante el periodo de recolección de datos.

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	Promedio	Intervalo de confianza
Camión 1	24	20	25	27	27	22	22	26	36	34	40	38	36	32	48	22	24	24	17	22	28	4
Camión 2	25	15	28	12	0	14	17	28	22	15	20	22	22	24	22	20	22	22	9	28	19	3
Camioneta	22	15	8	0	0	0	0	7	6	0	6	8	6	6	8	6	0	0	0	8	5	3
Motocicleta 1	20	24	26	21	20	14	22	18	20	20	25	22	22	18	20	20	20	20	20	21	21	1
Motocicleta 2	24	20	20	18	18	19	21	22	18	15	20	20	20	20	20	18	19	23	19	20	20	1
Total de correspondencias	115	94	107	78	65	69	82	101	102	84	111	110	106	100	118	86	85	89	65	99	93	8
Correspondencias en motocicleta	44	44	46	39	38	33	43	40	38	35	45	42	42	38	40	38	39	43	39	41	40	2
Se pueden llevar y entregar en bicicleta	38	42	37	33	34	24	37	33	32	34	44	42	38	34	35	33	32	38	35	34	35	2
% de correspondencias que se pueden llevar en bicicleta	33,0%	44,7%	34,6%	42,3%	52,3%	34,8%	45,1%	32,7%	31,4%	40,5%	39,6%	38,2%	35,8%	34,0%	29,7%	38,4%	37,6%	42,7%	53,8%	34,3%	39%	
% de correspondencias que entregan las motocicletas y se pueden entregar en bicicleta	86,4%	95,5%	80,4%	84,6%	89,5%	72,7%	86,0%	82,5%	84,2%	97,1%	97,8%	#####	90,5%	89,5%	87,5%	86,8%	82,1%	88,4%	89,7%	82,9%	88%	

Anexo 2. Datos resumen de recorridos a diferentes lugares de entrega durante recolección de datos.

Anexo 2.1. Tiempo de recorrido entre varios lugares de entrega.

Recorridos en diferentes distancias motocicleta #1									Recorridos en diferentes distancias motocicleta #2										
Ruta	Vehículo	Tiempo [min]	Distancia [km]	Ruta	Vehículo	tiempo promedio [min]	tiempo en min	decimales en seg	Ruta	Vehículo	Tiempo [min]	Distancia [km]	Ruta	Vehículo	tiempo promedio [min]	tiempo en min	decimales en seg		
Rapid Service - Bco Bolív Remigio	Motocicleta	3,88	0,73	0 y 1 km	Motocicleta	2,79	2	47	Marcinex - Municipio	Motocicleta	4,33	0,66	0 y 1 km	Motocicleta	3,18	3	11		
	Bicicleta 1	2,45			Bicicleta 1	2,08	2	5		Bicicleta 1	2,65			Bicicleta 1	2,86	2	52		
	Bicicleta 2	2,53			Bicicleta 2	2,16	2	10		Bicicleta 2	2,88			Bicicleta 2	3,64	3	38		
Rapid Service - Mirasol	Motocicleta	1,27	0,73	1 y 2 km	Motocicleta	3,88	3	53	Fujifilm - Panesa	Motocicleta	3,25	0,75	1 y 2 km	Motocicleta	4,71	4	43		
	Bicicleta 1	0,78			Bicicleta 1	5,06	5	4		Bicicleta 1	2,50			Bicicleta 1	4,29	4	17		
	Bicicleta 2	0,87			Bicicleta 2	6,12	6	7		Bicicleta 2	3,78			Bicicleta 2	5,38	5	23		
Polaris - Edif Mirador del río	Motocicleta	3,22	0,73	más de 2 km	Motocicleta	7,02	7	1	Juan Jaramillo y Tomas Ordoñez - EcuAmerican	Motocicleta	2,15	0,81	más de 2 km	Motocicleta	5,80	5	48		
	Bicicleta 1	3,00			Bicicleta 1	8,12	8	7		Bicicleta 1	3,15			Bicicleta 1	6,83	6	50		
	Bicicleta 2	3,08			Bicicleta 2	8,65	8	39		Bicicleta 2	4,62			Bicicleta 2	9,97	9	58		
27 de feb y Solano - M. Bianco autop	Motocicleta	2,08	1,15						SM Santa Cecilia - Mirasol	Motocicleta	2,98	0,89							
	Bicicleta 1	3,88								Bicicleta 1	3,15								
	Bicicleta 2	4,68								Bicicleta 2	3,27								
CompuFacil - Vazseguros	Motocicleta	5,37	1,32						Plaza Gutierrez - Mirasol	Motocicleta	2,33	1,03							
	Bicicleta 1	5,37								Bicicleta 1	3,13								
	Bicicleta 2	5,37								Bicicleta 2	4,03								
Gasolinera I. Católica - Indurama	Motocicleta	3,37	1,64						ervice - Bolívar y Juan M	Motocicleta	4,83	1,16							
	Bicicleta 1	4,35								Bicicleta 1	3,50								
	Bicicleta 2	6,00								Bicicleta 2	3,92								
Indurama - Feria libre	Motocicleta	4,40	1,69						Sucre Express - Cristal	Motocicleta	4,53	1,17							
	Bicicleta 1	5,08								Bicicleta 1	3,23								
	Bicicleta 2	8,07								Bicicleta 2	3,90								
Fe y Alegria - Monte Bianco autopista	Motocicleta	3,33	1,74						Muñoz Vernaza y Estevez de Toral - Joyería Vazquez	Motocicleta	4,10	1,22							
	Bicicleta 1	6,57								Bicicleta 1	3,93								
	Bicicleta 2	6,67								Bicicleta 2	4,18								
Coop Educadores Azuay - Const Argudo	Motocicleta	4,72	1,78						IMEVI - Cristal	Motocicleta	3,78	1,34							
	Bicicleta 1	5,13								Bicicleta 1	3,08								
	Bicicleta 2	5,90								Bicicleta 2	4,65								
KTM - Kerámicos	Motocicleta	3,74	2,04						Fujifilm - JJ Flores y O Diaz	Motocicleta	7,88	1,47							
	Bicicleta 1	5,63								Bicicleta 1	5,85								
	Bicicleta 2	5,52								Bicicleta 2	8,93								
SOLCA - Latina Seguros (27 de feb)	Motocicleta	8,18	2,67						Rapid Service - Muñoz Vernaza y Estevez de Toral	Motocicleta	5,47	1,61							
	Bicicleta 1	6,83								Bicicleta 1	4,97								
	Bicicleta 2	6,83								Bicicleta 2	6,45								
Monte Bianco autopista - Gasolinera Isab La catolica	Motocicleta	8,33	2,95						EcuAmerican - Plaza Gutierrez	Motocicleta	3,68	1,66							
	Bicicleta 1	7,93								Bicicleta 1	4,63								
	Bicicleta 2	9,12								Bicicleta 2	5,00								
Kerámicos - CompuFacil	Motocicleta	7,08	2,96						Telerama - Tedasa	Motocicleta	4,02	1,67							
	Bicicleta 1	10,49								Bicicleta 1	4,35								
	Bicicleta 2	10,75								Bicicleta 2	4,50								
Kerámicos - B Bolív Remigio	Motocicleta	8,10	3,10						Rapid Service - Marcinex	Motocicleta	6,46	1,93							
	Bicicleta 1	9,23								Bicicleta 1	6,27								
	Bicicleta 2	10,67								Bicicleta 2	8,27								
M Bianco autop - Indurama	Motocicleta	6,68	3,73						Cristal - Señal X	Motocicleta	3,60	2,07							
	Bicicleta 1	8,62								Bicicleta 1	6,07								
	Bicicleta 2	9,02								Bicicleta 2	7,57								
									AsinCar - Señal X	Motocicleta	8,00	2,65							
								Bicicleta 1		7,60									
								Bicicleta 2		12,38									

Anexo 2.2 Resumen de tiempo promedio y costo de recorrido de entrega.

Tiempo promedio y costo por recorrido de entrega.						
Ruta	# de recorridos	Vehículo	tiempo promedio [min]	Costo [USD]	tiempo en min	decimales en seg
0 y 1 km	10	Motocicleta	2,98	1,19	2	59
		Bicicleta 1	2,47	0,99	2	28
		Bicicleta 2	2,90	1,16	2	54
1 y 2 km	4	Motocicleta	4,29	0,69	4	17
		Bicicleta 1	4,68	0,75	4	41
		Bicicleta 2	5,75	0,92	5	45
más de 2 km	3	Motocicleta	6,41	0,77	6	25
		Bicicleta 1	7,48	0,90	7	29
		Bicicleta 2	9,31	1,12	9	19
						Costo diario de recorrido de entrega
						Motocicleta [USD] 2,65
						Bicicleta 1 [USD] 2,63
						Bicicleta 2 [USD] 3,20

Anexo 3. Lugares de entrega de motocicletas durante la recolección de datos.

Anexo 3.1. Lugares de entrega de motocicleta #1 durante la recolección de datos.

Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11
Mirasol	Polaris	Polaris	HomeVega	Mirasol	Mirasol	KTM	Banco Bolivariano - Remigio Crespo	Ecuaprimas (O Lazo)	KTM	Office Soluciones
Office Soluciones	Kerámikos	Edif Mirador del Río	KTM	Office Soluciones	Kerámikos	Kerámikos	BAJAJ (Remigio Crespo)	KTM	Kerámikos	HomeVega
KTM	Koss - Unidad Nacional	BAJAJ (Remigio Crespo)	Kerámikos	KTM	Multimotos	Multimotos	CUBE	Kerámikos	Banco Bolivariano - Remigio Crespo	KTM
Kerámikos	Multimotos	Coop. de Educadores del Azuay	VazSeguros	Kerámikos	BAJAJ (Remigio Crespo)	VazSeguros	VazSeguros	Banco Bolivariano - Remigio Crespo	Compufácil	Kerámikos
Gasolinera 3 de nov.	BAJAJ (Remigio Crespo)	Pharmacy	MultiCoop	VazSeguros	Che Pibe	MultiCoop	MultiCoop	Compufácil	VazSeguros	Compufácil
CUBE	VazSeguros	VazSeguros	CIKLA	MultiCoop	Pizza Hut	CIKLA	VITEFAMA	Multimotos	MultiCoop	Multimotos
Clínica Sta Inés	MultiCoop	MultiCoop	CUBE	Coop. de Educadores del Azuay	Aseguradora del Sur	Coop. de Educadores del Azuay	Supermaxi	CUBE	Supermaxi	CIKLA
Aseguradora del Sur	CIKLA	Monte Bianco - autopista	Pizza Hut	Colegio Fe y Alegria	VazSeguros	Latina Seguros - 27 de febrero	Peugeot	Clínica Sta Inés	Coop. de Educadores del Azuay	VazSeguros
VazSeguros	Vitefama	Baños	Coop. de Educadores del Azuay		MultiCoop	Monte Bianco - autopista	Coop. de Educadores del Azuay	VazSeguros	Registro Mercantil	MultiCoop
MultiCoop	DHL		SOLCA		Cámara de comercio	Payphone	Av Paucarbamba	MultiCoop	SOLCA	Coop. de Educadores del Azuay
Pizza Hut	Coop. de Educadores del Azuay		Salvador Pacheco Mora		Coop. de Educadores del Azuay	Colegio Los Andes	Constructora Argudo	CIKLA	Colegio Bilingüe	Registro Mercantil
Monte Bianco - autopista	Shantui (H. Malo)		MP3		Registro Mercantil		27 de febrero y Solano	Pizza Hut	Latina Seguros - 27 de febrero	Colegio Fe y Alegria
Grafisum	Monte Bianco - autopista		Latina Seguros - 27 de febrero		Monte Bianco - autopista		Monte Bianco - autopista	SM Popular		MP3
Indurama	Payphone		Farmacia Popular (Remigio y Unidad Nacional)		Cieza de León y 1ero de mayo		Indurama	VITEFAMA		Monte Bianco - autopista
					Indurama		BAJAJ (Feria Libre)	Coop. de Educadores del Azuay		Payphone
								Constructora Argudo		Indurama
								Monte Bianco - autopista		

Anexo 3.2. Lugares de entrega de motocicleta #2 durante la recolección de datos.

Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
Marcimex	Joyería Guillermo Vázquez	Joyería Guillermo Vázquez	Marcimex	Marcimex	Bolívar y Juan Montalvo	Muñoz Vernaza y Estévez de Toral	Marcimex
Salvador Pacheco Mora	Salvador Pacheco Mora	Fujifilm	Bolívar y Juan Montalvo	Municipio	PANESA (Benigno Malo)	Banco del Austro (Gran Colombia)	Joyería Guillermo Vázquez
Joyería Guillermo Vázquez	Toyota - Manuel Vega	AutoHyun	Salvador Pacheco Mora	Joyería Guillermo Vázquez	Honorato Vázquez y Luis Cordero	Joyería Guillermo Vázquez	Honorato Vázquez y Luis Cordero
Fujifilm	Plaza Gutierrez	EcuaAmerican	Joyería Guillermo Vázquez	Fiscalía	Teatro Casa de la Cultura	Banco del Austro (Sucre)	Fujifilm
AutoHyun	Mirasol Matriz	Juan José Flores y Octavio Díaz	Fujifilm	Juan Jaramillo y Padre Aguirre	Joyería Guillermo Vázquez	Fujifilm	Juan José Flores y Octavio Díaz
MegaTienda Santa Cecilia	Juan Eljuri	Plaza Gutierrez	Juan Jaramillo y Tomás Ordoñez	Juan Jaramillo y Luis Cordero	Fiscalía	Panasa (Hayna Capac)	Plaza Gutierrez
Consejo Provincial	Immevi	Yanahurco y Río Upano	EcuaAmerican	AutoHyun	Fujifilm	EcuaAmerican	Mirasol Matriz
Mirasol Matriz	Telerama	Mirasol Matriz	Plaza Gutierrez	Plaza Gutierrez	MegaTienda Santa Cecilia	Mirasol Matriz	Immevi
Barcelona y Av España	Cristal	Immevi	Hyundai Parts (Hurtado de Mendoza)	Mirasol Matriz	Mirasol Matriz	Immevi	Juan Eljuri
Juan Eljuri	Tedasa Milchichig	Juan Eljuri	Mirasol Matriz	Juan Eljuri	Juan Eljuri	Juan Eljuri	Yamaha
Immevi	Isollanta	Yamaha	Mirasol Taller	Immevi	Immevi	Yamaha	Cristal
Toyota - Gil Ramírez	JCEV CORP.	Cristal	Immevi	Sucre Express	Cristal	Cristal	Telerama
Cristal		Tedasa Milchichig	Juan Eljuri	Cristal	AutoHyun (Av España)	Señal X	Tedasa Milchichig
Toyota - Av. España		Muebles Carrusel	Cristal	Señal X	Señal X	JCEV CORP.	JCEV CORP.
Tedasa Milchichig			Telerama	Cimmarrones y Caranuma	Cimmarrones y Caranuma		Muebles Carrusel
Colineal			Tedasa Milchichig	JCEV CORP.	Muebles Carrusel		
Señal X			Mirasol Quinta Chica		La Europea		
			JCEV CORP.		JCEV CORP.		
			Muebles Carrusel		Nitrollanta		
			Cimmarrones y Caranuma				

Anexo 5. Modelos de plantillas resumen en Excel.

Anexo 5.1. Resumen de recorridos de entrega de motocicletas.

Datos resumen recorridos de entrega de motocicletas de Rapid Service														
Rendimiento motor	0.25	[-]												
Rendimiento transmisión	0.97	[-]												
Factor de emisión	119	[g/km]												
Poder calorífico	43.448	[kJ/kg]												
Densidad combustible	744.782	[kg/m³]												
Motocicleta Rapid Service #1														
Repartidor: Santiago Lojano														
Fecha	Prueba #	Tiempo	Distancia	Velocidad promedio de periodo de entrega	Velocidad promedio circulación	Velocidad máxima	Consumo de energía	CO ₂ emitido por recorrido	volumen combustible	Costo extra (subsidio)	Costo extra (sin subsidio)	Costo super (subsidio)	Costo super (sin subsidio)	Consumo de energía por km
[dd/mm/aa]	[#]	[min]	[km]	[km/h]	[km/h]	[km/h]	[kWh]	[g]	[l]	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]	[Wh/km]
22/05/2017	Prueba 1	118.83	22.04	11.12	26.25	63.50	2.03	2622.27	0.23	0.09	0.11	0.14	0.15	92.092
23/05/2017	Prueba 2	106.55	19.09	13.01	27.02	54.49	1.78	2272.22	0.20	0.08	0.10	0.12	0.13	93.354
24/05/2017	Prueba 3	120.48	23.08	11.94	28.88	69.91	1.92	2853.09	0.21	0.08	0.10	0.13	0.14	80.280
25/05/2017	Prueba 4	49.03	21.92	26.83	30.31	70.13	1.95	2608.45	0.22	0.08	0.10	0.13	0.14	88.867
29/05/2017	Prueba 5	54.83	10.22	11.18	26.16	52.37	2.11	1216.71	0.23	0.09	0.11	0.14	0.15	206.026
30/05/2017	Prueba 6	71.80	11.52	9.62	24.68	50.43	1.76	1370.75	0.20	0.08	0.09	0.12	0.13	152.834
31/05/2017	Prueba 7	109.48	19.29	10.57	28.79	73.83	1.44	2296.05	0.16	0.06	0.08	0.10	0.11	74.669
05/06/2017	Prueba 8	60.35	10.77	10.71	27.89	63.38	1.01	1281.78	0.11	0.04	0.05	0.07	0.07	93.916
06/06/2017	Prueba 9	88.62	16.03	10.86	27.65	70.41	1.23	1907.49	0.14	0.05	0.07	0.08	0.09	76.445
07/06/2017	Prueba 10	111.12	18.47	9.97	24.68	58.90	1.36	2197.90	0.15	0.06	0.07	0.09	0.10	73.720
08/06/2017	Prueba 11	90.85	14.71	9.72	26.70	58.36	2.23	1750.96	0.25	0.10	0.12	0.15	0.16	151.257
09/06/2017	Prueba 12	122.50	21.35	14.37	30.19	71.20	2.52	2540.69	0.28	0.11	0.13	0.17	0.18	117.818
PROMEDIO		92.04	17.45	12.49	27.43	63.08	1.78	2076.53	0.20	0.08	0.09	0.12	0.13	108.48
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		26.96	4.74	4.72	1.88	8.09	0.44	564.41	0.05	0.02	0.02	0.03	0.03	41.24
INTERVALO CONFIANZA		17.13	3.01	3.00	1.20	5.14	0.28	358.61	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	26.20
Motocicleta Rapid Service #2														
Repartidor: Rolando Santos														
12/06/2017	Prueba 13	52.62	11.69	13.34	20.33	55.68	1.33	1391.06	0.148	0.06	0.07	0.09	0.10	114.067
14/06/2017	Prueba 14	62.58	12.71	12.18	19.92	55.68	1.93	1512.16	0.214	0.08	0.10	0.13	0.14	151.536
15/06/2017	Prueba 15	67.67	10.48	9.29	23.07	55.68	1.06	1247.45	0.118	0.05	0.06	0.07	0.08	101.223
16/06/2017	Prueba 16	133.03	21.45	9.67	24.92	55.68	2.67	2552.55	0.297	0.12	0.14	0.18	0.20	124.255
19/06/2017	Prueba 17	132.38	19.90	9.02	23.58	55.68	1.33	2367.65	0.148	0.06	0.07	0.09	0.10	66.759
20/06/2017	Prueba 18	128.32	14.21	6.64	20.09	64.78	1.46	1690.85	0.163	0.06	0.08	0.10	0.11	102.990
21/06/2017	Prueba 19	140.20	25.96	11.11	22.14	64.21	2.44	3089.07	0.271	0.11	0.13	0.17	0.18	93.906
22/06/2017	Prueba 20	135.30	20.37	9.03	20.53	70.83	2.45	2424.05	0.273	0.11	0.13	0.17	0.18	120.258
23/06/2017	Prueba 21	159.80	20.91	7.86	19.11	59.49	2.14	2488.71	0.238	0.09	0.11	0.15	0.16	102.416
28/06/2017	Prueba 22	133.32	17.26	15.37	22.52	56.77	1.91	2053.67	0.212	0.08	0.10	0.13	0.14	110.621
03/07/2017	Prueba 23	135.30	20.37	9.03	17.89	70.83	2.45	2424.05	0.273	0.11	0.13	0.17	0.18	120.258
04/07/2017	Prueba 24	134.45	17.35	7.74	17.09	64.37	2.18	2065.10	0.243	0.09	0.12	0.15	0.16	125.738
05/07/2017	Prueba 25	101.07	15.54	9.22	17.92	52.54	1.65	1849.18	0.183	0.07	0.09	0.11	0.12	105.866
06/07/2017	Prueba 26	133.73	19.50	8.75	17.24	69.51	2.10	2320.77	0.234	0.09	0.11	0.14	0.15	107.936
PROMEDIO		117.84	17.69	9.88	20.45	60.84	1.94	2105.45	0.22	0.08	0.10	0.13	0.14	110.56
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		33.16	4.34	2.36	2.49	6.41	0.50	516.85	0.06	0.02	0.03	0.03	0.04	19.08
INTERVALO CONFIANZA		19.15	2.51	1.36	1.44	3.70	0.29	298.42	0.03	0.01	0.02	0.02	0.02	11.02
RESUMEN GENERAL DOS MOTOCICLETAS														
PROMEDIO		105.93	17.58	11.08	23.67	61.87	1.86	2092.10	0.21	0.08	0.10	0.13	0.14	109.60
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		32.615	4.441	3.804	4.168	7.174	0.472	528.481	0.052	0.020	0.025	0.032	0.035	30.640
INTERVALO CONFIANZA		13.17	1.79	1.54	1.68	2.90	0.19	213.46	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	12.38

Anexo 5.2. Resumen de recorridos de entrega en bicicleta eléctrica de producción nacional.

Datos resumen recorridos en bicicleta eléctrica de producción nacional														
				Tarifa de electricidad										
				Resid. mín	0,091	[USD/kWh]								
Rendimiento kit eléctrico	0,81	[-]		Resid. máx	0,6812	[USD/kWh]								
Rendimiento batería	0,86	[-]		Comerc. mín	0,092	[USD/kWh]								
Factor de emisión	506,2	[g/kWh]		Comerc. áxín	0,103	[USD/kWh]								
Bicicleta eléctrica de producción nacional														
Propietario: Oscar Serrano														
Fecha	Prueba #	Tiempo	Distancia	Velocidad promedio de periodo de entrega	Velocidad promedio de circulación	Velocidad máxima	Consumo de energía recorrido	Consumo de energía carga batería	CO ₂ emitido por carga de batería	Costo carga de batería residen. mín.	Costo carga de batería residen. máx.	Costo carga de batería comerc. mín.	Costo carga de batería comerc. máx.	Consumo de energía por km
[dd/mm/aa]	[#]	[min]	[km]	[km/h]	[km/h]	[km/h]	[kWh]	[kWh]	[g]	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]	[Wh/km]
22.05.2017	Prueba 1	108,77	14,08	7,77	16,09	31,39	0,105	0,242	122,50	0,02	0,16	0,02	0,02	7,446
23.05.2017	Prueba 2	105,70	19,03	10,80	17,01	32,93	0,142	0,196	99,22	0,02	0,13	0,02	0,02	7,466
24.05.2017	Prueba 3	124,03	16,07	7,77	16,94	34,21	0,121	0,229	115,92	0,02	0,16	0,02	0,02	7,505
25.05.2017	Prueba 4	109,73	16,86	9,22	17,81	32,18	0,136	0,147	74,41	0,01	0,10	0,01	0,02	8,078
29.05.2017	Prueba 5	61,63	9,01	8,77	19,93	35,15	0,062	0,171	86,56	0,02	0,12	0,02	0,02	6,849
30.05.2017	Prueba 6	75,58	8,99	7,14	17,14	31,66	0,062	0,176	89,09	0,02	0,12	0,02	0,02	6,916
31.05.2017	Prueba 7	116,12	17,14	8,86	18,85	36,82	0,138	0,174	88,08	0,02	0,12	0,02	0,02	8,043
05.06.2017	Prueba 8	65,67	10,23	9,35	21,94	40,40	0,093	0,396	200,46	0,04	0,27	0,04	0,04	9,090
06.06.2017	Prueba 9	100,77	14,89	8,87	18,56	37,75	0,141	0,203	102,76	0,02	0,14	0,02	0,02	9,480
07.06.2017	Prueba 10	110,62	13,86	7,52	17,64	32,70	0,116	0,173	87,57	0,02	0,12	0,02	0,02	8,378
08.06.2017	Prueba 11	87,57	12,91	8,85	18,40	33,62	0,105	0,183	92,63	0,02	0,12	0,02	0,02	8,127
09.06.2017	Prueba 12	123,87	20,09	9,73	18,11	37,91	0,161	0,138	69,86	0,01	0,09	0,01	0,01	8,024
PROMEDIO		99,17	14,43	8,72	18,20	34,73	0,115	0,202	102,421	0,02	0,14	0,02	0,02	7,95
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		21,57	3,68	1,04	1,56	2,89	0,031	0,068	34,381	0,01	0,05	0,01	0,01	0,79
INTERVALO CONFIANZA		13,70	2,34	0,66	0,99	1,84	0,020	0,043	21,845	0,00	0,03	0,00	0,00	0,50
12.06.2017	Prueba 13	113,33	11,14	5,90	15,98	33,53	0,092	0,205	103,77	0,02	0,14	0,02	0,02	8,280
14.06.2017	Prueba 14	83,13	11,32	8,17	15,95	32,09	0,082	0,159	80,49	0,01	0,11	0,01	0,02	7,234
15.06.2017	Prueba 15	67,57	9,87	8,76	17,26	33,90	0,091	0,140	70,87	0,01	0,10	0,01	0,01	9,220
16.06.2017	Prueba 16	132,87	17,24	7,78	16,27	34,06	0,149	0,130	65,81	0,01	0,09	0,01	0,01	8,647
19.06.2017	Prueba 17	131,78	14,16	6,45	16,87	34,04	0,110	0,222	112,38	0,02	0,15	0,02	0,02	7,750
20.06.2017	Prueba 18	127,00	13,74	6,49	15,23	32,40	0,193	0,217	109,85	0,02	0,15	0,02	0,02	14,037
21.06.2017	Prueba 19	161,40	23,25	8,64	18,30	39,66	0,176	0,212	107,31	0,02	0,14	0,02	0,02	7,586
22.06.2017	Prueba 20	130,22	20,22	9,32	17,64	35,41	0,312	0,240	121,49	0,02	0,16	0,02	0,02	15,440
23.06.2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PROMEDIO		118,41	15,12	7,69	16,69	34,39	0,151	0,191	96,494	0,02	0,13	0,02	0,02	9,77
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		30,01	4,74	1,26	1,02	2,37	0,077	0,041	20,976	0,00	0,03	0,00	0,00	3,15
INTERVALO CONFIANZA		25,09	3,96	1,05	0,85	1,98	0,065	0,035	17,536	0,00	0,02	0,00	0,00	2,63
RESUMEN GENERAL DURANTE RUTAS DE AMBOS REPARTIDORES EN BICICLETA #1														
PROMEDIO		106,868	14,705	8,308	17,60	34,591	0,129	0,198	100,05	0,02	0,13	0,02	0,02	8,68
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		26,357	4,027	1,215	1,54	2,633	0,056	0,058	29,246	0,005	0,039	0,005	0,006	2,203
INTERVALO CONFIANZA		12,335	1,885	0,568	0,72	1,232	0,026	0,027	13,69	0,00	0,02	0,00	0,00	1,03

Anexo 5.3. Resumen de recorridos de entrega en bicicleta eléctrica importada.

Datos resumen recorridos en bicicleta eléctrica importada														
			Tarifa de electricidad											
			Resid. min	0,091	[USD kWh]									
Rendimiento kit eléctrico	0,81	[-]	Resid. máx	0,6812	[USD kWh]									
Rendimiento batería	0,86	[-]	Comerc. min	0,092	[USD kWh]									
Factor de emisión	506,2	[g kWh]	Comerc. áx	0,103	[USD kWh]									
Bicicleta eléctrica importada														
Propietario: Alfredo Arias														
Fecha	Prueba #	Tiempo	Distancia	Velocidad promedio de periodo de entrega	Velocidad promedio de circulación	Velocidad máxima	Consumo de energía recorrido	Consumo de energía carga batería	CO ₂ emitido por carga de batería	Costo carga de batería residen. min.	Costo carga de batería residen. máx.	Costo carga de batería comerc. min.	Costo carga de batería comerc. máx.	Consumo de energía por km
[dd/mm/aaa]	[#]	[min]	[km]	[km/h]	[km/h]	[km/h]	[kWh]	[kWh]	[g]	[\$]	[\$]	[\$]	[\$]	[Wh/km]
22/05/2017	Prueba 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23/05/2017	Prueba 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24/05/2017	Prueba 3	121,87	13,75	6,77	16,36	34,25	0,158	0,091	46,06	0,01	0,06	0,01	0,01	11,490
25/05/2017	Prueba 4	109,95	15,58	8,51	16,26	33,71	0,172	0,248	125,54	0,02	0,17	0,02	0,03	11,024
29/05/2017	Prueba 5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30/05/2017	Prueba 6	75,87	9,20	7,28	15,53	33,47	0,101	0,273	138,19	0,02	0,19	0,03	0,03	10,983
31/05/2017	Prueba 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/06/2017	Prueba 8	66,70	9,93	8,93	17,81	45,92	0,103	0,273	138,19	0,02	0,19	0,03	0,03	10,353
06/06/2017	Prueba 9	103,23	13,91	8,08	16,68	43,26	0,141	0,325	164,52	0,03	0,22	0,03	0,03	10,119
07/06/2017	Prueba 10	115,03	13,62	7,10	14,40	32,26	0,128	0,086	43,53	0,01	0,06	0,01	0,01	9,388
08/06/2017	Prueba 11	94,23	12,97	8,26	16,22	37,66	0,114	0,327	165,53	0,03	0,22	0,03	0,03	8,809
09/06/2017	Prueba 12	124,08	19,61	9,48	17,03	43,56	0,198	0,123	62,26	0,01	0,08	0,01	0,01	10,992
PROMEDIO		101,37	13,57	8,05	16,29	38,01	0,139	0,218	110,48	0,02	0,15	0,02	0,02	10,28
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		21,05	3,24	0,94	1,01	5,44	0,035	0,102	51,64	0,01	0,07	0,01	0,01	0,89
INTERVALO CONFIANZA		17,60	2,71	0,79	0,85	4,55	0,029	0,085	43,17	0,01	0,06	0,01	0,01	0,74
12/06/2017	Prueba 13	112,45	11,08	5,92	14,82	35,70	0,123	0,193	97,70	0,02	0,13	0,02	0,02	11,131
14/06/2017	Prueba 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15/06/2017	Prueba 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16/06/2017	Prueba 16	135,08	17,04	7,57	13,76	37,46	0,164	0,257	130,09	0,02	0,18	0,02	0,03	9,631
19/06/2017	Prueba 17	133,60	13,61	6,11	13,73	38,88	0,105	0,185	93,65	0,02	0,13	0,02	0,02	7,718
20/06/2017	Prueba 18	127,70	11,86	5,57	13,79	34,03	0,104	0,117	59,23	0,01	0,08	0,01	0,01	8,751
21/06/2017	Prueba 19	169,52	22,31	7,90	15,36	40,18	0,547	0,306	154,90	0,03	0,21	0,03	0,03	24,518
22/06/2017	Prueba 20	135,53	20,39	9,03	15,78	39,52	0,107	0,326	165,02	0,03	0,22	0,03	0,03	5,247
23/06/2017	Prueba 21	135,32	22,75	10,69	16,72	40,25	0,192	0,313	158,44	0,03	0,21	0,03	0,03	8,444
28/06/2017	Prueba 22	123,25	23,77	7,20	14,79	34,02	0,393	0,3	151,86	0,03	0,20	0,03	0,03	16,538
03/07/2017	Prueba 23	135,48	17,13	7,59	14,32	42,12	0,170	0,346	175,15	0,03	0,24	0,03	0,04	9,920
04/07/2017	Prueba 24	140,22	17,25	7,38	14,54	43,58	0,171	0,285	144,27	0,03	0,19	0,03	0,03	9,902
05/07/2017	Prueba 25	101,85	15,99	9,42	15,55	41,92	0,274	0,29	146,80	0,03	0,20	0,03	0,03	17,116
06/07/2017	Prueba 26	135,30	18,83	8,35	14,47	39,38	0,222	0,281	142,24	0,03	0,19	0,03	0,03	11,794
PROMEDIO		132,11	17,67	7,68	14,80	38,92	0,214	0,267	134,94	0,02	0,18	0,02	0,03	11,73
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		16,29	4,16	1,40	0,91	3,09	0,134	0,068	34,23	0,01	0,05	0,01	0,01	5,26
INTERVALO CONFIANZA		10,95	2,80	0,94	0,61	2,08	0,090	0,045	23,00	0,00	0,03	0,00	0,00	3,54
RESUMEN GENERAL DURANTE RUTAS DE AMBOS REPARTIDORES EN BICICLETA #2														
PROMEDIO		119,813	16,030	7,827	15,40	38,556	0,184	0,247	125,16	0,02	0,17	0,02	0,03	11,15
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		23,573	4,258	1,222	1,19	4,082	0,111	0,084	42,57	0,01	0,06	0,01	0,01	4,11
INTERVALO CONFIANZA		11,032	1,993	0,572	0,56	1,910	0,052	0,039	19,92	0,00	0,03	0,00	0,00	1,92

Anexo 6. Datos adicionales.

Anexo 6.1. Valor de matrícula vehicular de motocicletas de Rapid Service Cía Ltda.

Datos del Vehículo				
Placa:	ID129V	CAMV o CPN:	G01241396	
Marca:	HONDA	Modelo:	GL150 1WHD	
País:	CHINA POPULAR	Año:	2013	
Cilindraje:	150			
Clase:	MOTOCICLETA	Servicio:	PARTICULAR	
Fecha Última Matrícula:	19/03/2015	Fecha de Compra:	24/02/2015	
Fecha Caducidad Matrícula:	31/12/2019	Año Último Pago:	2015	
Cantón:	CUENCA	Entidad Policial:	DNT	
Estado Matriculado:	SI	Estado Exoneración:	NO	
Color 1:	BLANCO	Prohibición de Enajenar:	NO	
Color 2:	BLANCO	Fecha de Revisión:	19/03/2015	
Tipo de Uso del Vehículo:	NO APLICA	Observación:		
Ver Avalúos				
IMPUESTOS TASAS NACIONALES				
Tipo Deuda	Rubro	Periodo Fiscal	Beneficiario	Valor
PAGO DEL VALOR DE LA MATRÍCULA	IMPUESTO AMBIENTAL	2016 - 2017	SRI	0.00
PAGO DEL VALOR DE LA MATRÍCULA	TASA SPPAT	2016 - 2017	SPPAT	82.51
PAGO DEL VALOR DE LA MATRÍCULA	IMPUESTO A LA PROPIEDAD	2016 - 2017	SRI	9.56
			SubTotal:	92.07
IMPUESTOS TASAS SECCIONALES Y OTROS				
Tipo Deuda	Rubro	Periodo Fiscal	Beneficiario	Valor
PAGO DEL VALOR DE LA MATRÍCULA	IMPUESTO RODAJE	2016 - 2017	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CUENCA	19.20
PAGO DEL VALOR DE LA MATRÍCULA	TASAS ANT	2016 - 2017	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CUENCA	87.00
			Sub Total:	106.20
			Total:	198.27

Datos del Vehículo				
Placa:	ID128V	CAMV o CPN:	G01322680	
Marca:	HONDA	Modelo:	GL150 1WHD	
País:	CHINA POPULAR	Año:	2013	
Cilindraje:	150			
Clase:	MOTOCICLETA	Servicio:	PARTICULAR	
Fecha Última Matrícula:	19/03/2015	Fecha de Compra:	23/02/2015	
Fecha Caducidad Matrícula:	31/12/2019	Año Último Pago:	2015	
Cantón:	CUENCA	Entidad Policial:	DNT	
Estado Matriculado:	SI	Estado Exoneración:	NO	
Color 1:	BLANCO	Prohibición de Enajenar:	NO	
Color 2:	BLANCO	Fecha de Revisión:	19/03/2015	
Tipo de Uso del Vehículo:	NO APLICA	Observación:		
Ver Avalúos				
IMPUESTOS TASAS NACIONALES				
Tipo Deuda	Rubro	Periodo Fiscal	Beneficiario	Valor
PAGO DEL VALOR DE LA MATRÍCULA	IMPUESTO AMBIENTAL	2016 - 2017	SRI	0.00
PAGO DEL VALOR DE LA MATRÍCULA	TASA SPPAT	2016 - 2017	SPPAT	86.20
PAGO DEL VALOR DE LA MATRÍCULA	IMPUESTO A LA PROPIEDAD	2016 - 2017	SRI	9.63
			SubTotal:	95.83
IMPUESTOS TASAS SECCIONALES Y OTROS				
Tipo Deuda	Rubro	Periodo Fiscal	Beneficiario	Valor
PAGO DEL VALOR DE LA MATRÍCULA	IMPUESTO RODAJE	2016 - 2017	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CUENCA	19.20
PAGO DEL VALOR DE LA MATRÍCULA	TASAS ANT	2016 - 2017	ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE CUENCA	87.00
			Sub Total:	106.20
			Total:	202.03

Fuente. (SRI, 2017)

