



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DETERMINAR RUTAS URBANAS PARA EL DESARROLLO DE
CICLOS DE CONDUCCIÓN REPRESENTATIVOS DE LA CIUDAD
DE AMBATO PARA EVALUAR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN
VEHÍCULOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

JOSÉ MANUEL IZA CEDEÑO

KEVIN SANTIAGO MAZA UCHUARI

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DETERMINAR RUTAS URBANAS PARA EL DESARROLLO DE
CICLOS DE CONDUCCIÓN REPRESENTATIVOS DE LA CIUDAD
DE AMBATO PARA EVALUAR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN
VEHÍCULOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: JOSÉ MANUEL IZA CEDEÑO

KEVIN SANTIAGO MAZA UCHUARI

DIRECTOR: Ing. JAVIER MILTON SOLÍS SANTAMARÍA

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, José Manuel Iza Cedeño & Kevin Santiago Maza Uchuari

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, José Manuel Iza Cedeño & Kevin Santiago Maza Uchuari, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de diciembre de 2023

José Manuel Iza.
José Manuel Iza Cedeño
C. I: 131170243-3



Kevin Santiago Maza Uchuari
C. I: 075069667-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DETERMINAR RUTAS URBANAS PARA EL DESARROLLO DE CICLOS DE CONDUCCIÓN REPRESENTATIVOS DE LA CIUDAD DE AMBATO PARA EVALUAR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN VEHÍCULOS**, realizado por los señores: **JOSÉ MANUEL IZA CEDEÑO** y **KEVIN SANTIAGO MAZA UCHUARI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Cristian David Redroban Dillon
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2023-12-18

Ing. Javier Milton Solís Santamaria
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2023-12-18

Ing. Milton Israel Quinga Morales
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2023-12-18

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Fabián Iza y Margarita Cedeño, que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un gran profesional. A mis hermanos y demás familiares por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

José

El presente trabajo se lo dedico a Dios por permitirme tener la fuerza y valentía de a ver logrado una nueva etapa de mi vida. A mis padres Cesar Maza e Iliana Uchuari, quienes me han impartidos consejos, cariño y sobre todo su esfuerzo a ver logrado una nueva etapa de mi vida, que me ha permitido llegar hoy a lo que soy. A mis hermanos Marcelo y Tahina que con su cariño y apoyo han sido un pilar fundamental, que me motivaron a seguir adelante. A toda mi familia por sus consejos y palabras de aliento, que me supieron guiar por el buen camino. A todos ellos mi gratitud.

Kevin

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, les agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos

José

Gracias infinitas a mis padres, por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro. También expreso mi gratitud a mis hermanos, quienes supieron brindarme su tiempo para escucharme y apoyarme, y a mis abuelos, quienes supieron estar cuando más los necesitaba. Sin ustedes, todo esto no habría sido posible. Su amor y sacrificio han sido la luz que guio mi camino a través de este viaje académico.

Kevin

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Ciclos de conducción.....	5
2.2. Ciclos de conducción en Estados Unidos.....	5
2.3. Ciclos de conducción en Europa.....	6
2.3.1. <i>Ciclo de conducción ARTEMIS</i>	6
2.3.2. <i>Ciclo de conducción NEDC (New European Driving Cycle)</i>	8
2.4. Ciclos de conducción en Japón.....	8
2.4.1. <i>Ciclo MODO 10-15</i>	8
2.4.2. <i>Ciclo JC08</i>	9
2.5. Ciclos de conducción Hong Kong.....	10
2.6. Metodología para desarrollar ciclos de conducción en el mundo.....	10
2.6.1. <i>Técnicas de levantamiento de parámetros de conducción e instrumentación</i>	11
2.6.1.1. <i>Técnica On-Board</i>	11
2.6.1.2. <i>Técnica de Persecución de Vehículo</i>	11
2.6.2. <i>Métodos de selección de rutas representativas</i>	12
2.6.3. <i>Criterios y procedimientos para desarrollar ciclos de conducción</i>	12

2.7.	Equipo y software	13
2.7.1.	<i>ELM 327</i>	13
2.7.2.	<i>Torque Pro</i>	14

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLOGICO	15
3.1.	Metodología	15
3.1.1.	<i>Método inductivo</i>	15
3.1.2.	<i>Método experimental</i>	15
3.2.	Protocolo de Pruebas	15
3.2.1.	<i>Selección de rutas</i>	16
3.2.2.	<i>Selección de vehículo</i>	23
3.2.3.	<i>Instrumentación</i>	24
3.2.3.1.	<i>ELM 327</i>	24
3.2.3.2.	<i>Torque Pro</i>	24
3.2.4.	<i>Selección de parámetros</i>	25
3.2.4.1.	<i>Área frontal de la Pick-up</i>	25
3.2.4.2.	<i>Masa de la Pick-up</i>	26
3.2.4.3.	<i>Radio dinámico</i>	26
3.2.5.	<i>Levantamiento de datos</i>	27
3.2.6.	<i>Análisis de datos</i>	27
3.2.6.1.	<i>Modelo de la dinámica longitudinal del vehículo</i>	27
3.2.6.2.	<i>Análisis por promedios ponderados</i>	30

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	31
4.1.	Resultados de la ruta 1 urbana	31
4.2.	Resultados de la ruta 2 urbana	35
4.3.	Resultados de la ruta 3 combinada	38

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
5.1.	Conclusiones	43
5.2.	Recomendaciones	44

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Principales características de los ciclos ARTEMIS	7
Tabla 2-2:	Características del ciclo MODO 10-15	9
Tabla 2-3:	Características del ciclo JC08.....	10
Tabla 3-1:	Especificaciones del vehículo seleccionado.....	24
Tabla 3-2:	Parámetros del vehículo para determinar la demanda energética.....	26
Tabla 4-1:	Energías demandadas en cada viaje de la ruta 1	31
Tabla 4-2:	Promedios de los porcentajes de energías demandadas de la ruta 1	32
Tabla 4-3:	Resultados en rueda del vehículo en la ruta 1	33
Tabla 4-4:	Energías requeridas en el ciclo ideal de la ruta 1	34
Tabla 4-5:	Energías demandadas en cada viaje de la ruta 2.....	35
Tabla 4-6:	Promedios de los porcentajes de energías demandadas de la ruta 2.....	36
Tabla 4-7:	Resultados en rueda del vehículo en la ruta 2	37
Tabla 4-8:	Energías requeridas en el ciclo ideal de la ruta 2	37
Tabla 4-9:	Energías demandadas en cada viaje de la ruta 3.....	38
Tabla 4-10:	Promedios de los porcentajes de energías demandadas de la ruta 3.....	39
Tabla 4-11:	Resultados en rueda del vehículo en la ruta 3	40
Tabla 4-12:	Energías requeridas en el ciclo ideal de la ruta 3	41
Tabla 4-13:	Resultados en rueda del vehículo	41
Tabla 4-14:	Energías requeridas en rutas.....	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	EPA Federal Test Procedure (FTP).....	5
Ilustración 2-2:	Ciclo ARTEMIS urbano.....	6
Ilustración 2-3:	Ciclo ARTEMIS rural	7
Ilustración 2-4:	Ciclo ARTEMIS en carretera.....	7
Ilustración 2-5:	Ciclo NEDC	8
Ilustración 2-6:	Ciclo MODO 10-15.....	9
Ilustración 2-7:	Ciclo JC08.....	9
Ilustración 2-8:	Adaptador ELM 327 OBD II	14
Ilustración 2-9:	Aplicación TORQUE PRO	14
Ilustración 3-1:	Metodología para el desarrollo de ciclos de conducción.....	16
Ilustración 3-2:	Zonas parroquiales consolidadas.....	17
Ilustración 3-3:	Tráfico de Ambato en el horario de 6:30-8:30 am	19
Ilustración 3-4:	Tráfico de Ambato en el horario de 11:30 am-13:30 am	20
Ilustración 3-5:	Tráfico de Ambato en el horario de 17:30 pm–19:30 pm	21
Ilustración 3-6:	Trayecto de la ruta urbana 1	22
Ilustración 3-7:	Trayecto de la ruta urbana 2	22
Ilustración 3-8:	Trayecto de la ruta 3 combinada	23
Ilustración 3-9:	Área frontal vehículo.....	25
Ilustración 3-10:	Fuerzas que actúan sobre el vehículo.....	27
Ilustración 4-1:	Ciclo de conducción representativo de la ruta 1.....	33
Ilustración 4-2:	Ciclo de conducción representativo de la ruta 2.....	36
Ilustración 4-3:	Ciclo de conducción representativo de la ruta 3.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CHECK LIST DE LA PICK UP CHEVROLET LUV DMAX

RESUMEN

El territorio ecuatoriano está conformado por diferentes áreas geográficas, con diferencias de altitud que afectan el desempeño de los vehículos, el constante desarrollo poblacional de las ciudades de Ecuador ha desencadenado la llegada de nuevas marcas de automóviles al país; estos no brindan a los usuarios información clara sobre el consumo de energía de las unidades dentro del territorio ecuatoriano. Ambato es una ciudad que no cuenta con ciclos de conducción representativos de su geografía que imposibilita obtener un análisis de los parámetros reales de operación de los vehículos que reflejen la forma y regularidad de conducir, por lo tanto, el objetivo del presente proyecto técnico fue evaluar rutas urbanas mediante la recolección de los factores de conducción por medio de un dispositivo OBDII para obtener ciclos característicos de la ciudad. La metodología implementada fue por medio de un protocolo de pruebas la cual consistió en la selección de rutas, selección de vehículo, instrumentación, selección de parámetros, levantamiento de datos, análisis de datos mediante el modelo de la dinámica longitudinal del vehículo y el método estadístico de máximas y mínimas diferencias ponderadas para la obtención del ciclo característico. Mediante esta metodología se logró obtener el ciclo representativo de las rutas seleccionadas, escogiendo el viaje que tenga mínimas diferencias con respecto a la media de todos los parámetros analizados de los 30 viajes realizados por ruta. En este contexto se concluye que la energía que más influye en el ciclo de conducción es la resistencia a la pendiente debido a las diferencias de altitudes que existen en la ciudad.

Palabras claves: <CICLO DE CONDUCCIÓN >, <OBD II >, < TÉCNICA ON BOARD>, <ECU (UNIDAD DE CONTROL DE MOTOR)>, <GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL) >.



15-01-2024

0110-DBRA-UPT-2024

SUMMARY

The Ecuadorian territory is made up of different geographical areas, with differences in altitude that affect the performance of vehicles, the constant population development of Ecuador's cities has triggered the arrival of new car brands in the country; these do not provide users with clear information on the energy consumption of the units within the Ecuadorian territory. Ambato is a city that does not have representative driving cycles of its geography, which makes it impossible to obtain an analysis of the real operating parameters of vehicles that reflect the way and regularity of driving. Therefore, the objective of this technical project was to evaluate urban routes by collecting driving factors through an OBDII device to obtain characteristic cycles of the city. The methodology implemented was by means of a testing protocol which consisted of route selection, vehicle selection, instrumentation, parameter selection, data collection, data analysis by means of the longitudinal vehicle dynamics model and the statistical method of maximum and minimum weighted differences to obtain the characteristic cycle. Through this methodology, it was possible to obtain the representative cycle of the selected routes, choosing the trip with the minimum differences with respect to the average of all the analyzed parameters of the 30 trips made per route. In this context it is concluded that the energy that most influences the driving cycle is the slope resistance due to the differences in altitudes that exist in the city.

Keywords: <DRIVING CYCLE >, <OBD II >, <ON BOARD TECHNIQUE>, <ECU (ENGINE CONTROL UNIT)>, <GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM) >.



Lic. Sandra Paulina Porrás Pumalema Mgs
C.I. 060357062.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se basa en la determinación de las rutas urbanas más representativas de la ciudad de Ambato para el desarrollo de ciclos de conducción. Un ciclo de conducción es un conjunto de datos registrados y asociados que se muestran en un gráfico de velocidad versus tiempo (Molina y Torres, 2016, p.1).

Se utilizan para simular las condiciones de conducción del mundo real y se dividen en urbanos, de carretera y combinados. El primero se utiliza para simular los parámetros de manejo en ciudad, consta de paradas y arranques, afluencia vehicular y variantes de velocidad. Por otro lado, el segundo se emplea para representar la conducción en carreteras y autopistas, donde existen variaciones de velocidad más altas y menos paradas. El tercero prácticamente es la mezcla de los dos.

En los últimos años el parque automotor ha estado en constante evolución y crecimiento creando nuevas tecnologías las cuales se incorporan en los vehículos para reducir los niveles de contaminación y consumo de combustibles, creando motores más pequeños, pero con mayores niveles de prestaciones de torque y potencia, además de vehículos híbridos y eléctricos que son analizados con ciclos de conducción estandarizados antes de ingresar al mercado.

En el Ecuador existen diferentes regiones; costa, sierra y amazonia, donde las condiciones topográficas varían en dependencia de los parámetros climáticos, por lo que los ciclos de conducción difieren en cada ciudad. Las autoridades públicas responsables de emplear ciclos de conducción para la homologación de vehículos son la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) (Astudillo, 2016; citado en Dávalos, 2017, p.2). Sin embargo, los concesionarios no toman en cuenta las condiciones geográficas del territorio nacional, las cuales tienen gran relevancia para evaluar el desempeño vehicular.

Dentro de este estudio se realizará un análisis en la ciudad de Ambato de las calles más transitadas para determinar las rutas que más representen a la ciudad. Particularmente esta no cuenta con información respecto a los ciclos de conducción de rutas urbanas, por lo que la evaluación de un vehículo no refiere los parámetros reales de funcionamiento que reflejen de manera típica la forma y regularidad de conducir.

El objetivo del análisis técnico es la evaluación de rutas urbanas mediante la recolección de los factores de operación por medio de un dispositivo OBDII para obtener ciclos de conducción representativos de la ciudad de Ambato. Utilizando el método estadístico de mínimas y máximas

diferencias ponderadas, se determinará un ciclo representativo para cada una de las rutas de la ciudad en función del consumo de energía para sentar las bases de investigación para futuros proyectos enfocados en brindar soluciones energéticamente eficientes para el sector automotriz de la ciudad. (Calva y Flores, 2020, p.4).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Los ciclos de conducción han estado presentes en la industria automotriz a nivel mundial tratando de evaluar los niveles de contaminación y consumo energético de vehículos. El territorio ecuatoriano está comprendido por diferentes zonas geográficas donde se presentan cambios de altitud, estas afectan al desempeño de los vehículos cuando se encuentra por encima del nivel del mar.

El constante desarrollo poblacional de las ciudades ecuatorianas ha desencadenado el ingreso de nuevas marcas de vehículos al país, estas no ofrecen un panorama claro a los compradores sobre el consumo energético de sus unidades dentro del territorio ecuatoriano.

La ciudad de Ambato no cuenta con ciclos de conducción característicos de su geografía imposibilitando obtener el análisis de parámetros reales de funcionamiento en vehículos que reflejen de manera típica la forma y regularidad de conducir.

1.2. Justificación

El propósito de la presente investigación es determinar los ciclos de conducción respetando los patrones de manejo que tiene la ciudad, los cuales tienen una influencia en el desempeño de un vehículo, esto se tomara en cuenta para la obtención de datos de las rutas representativas de la zona urbana y combinada de la ciudad de Ambato para posteriormente aplicar un modelo estadístico conocido como máximas y mínimas diferencias ponderadas que ayudará a determinar los consumos energéticos del vehículo, se incluirán los cambios de altitud, se tomará en cuenta las horas de mayor afluencia vehicular y se obtendrá el ciclo representativo de tres rutas para su posterior análisis de requerimiento energético el cual será importante al momento de evaluar un vehículo que pretenda ingresar al parque automotor ecuatoriano (Espimbera, 2018, p.1).

En el Ecuador las entidades públicas que se encargan de aplicar ciclos de conducción para la validación de vehículos son; el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) y la Agencia Nacional de Tránsito (ANT). Mediante la implementación de normas se establece la utilización de ciclos de manejo internacionales para estandarizar y certificar vehículos destinados al transporte de pasajeros, pero estas no abarcan en su totalidad la geografía del Ecuador ni los

modos de conducir de las personas en la ciudad de Ambato (Astudillo, 2016; citado en Dávalos, 2017, p.2).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar rutas urbanas mediante la recolección de los factores de conducción por medio de un dispositivo OBDII para obtener ciclos de conducción característicos de la ciudad de Ambato.

1.3.2. Objetivos específicos

- Definir rutas urbanas representativas basándose en la información de las zonas consolidadas que proporciona el GAD municipal de la ciudad de Ambato y Google Maps para delimitar las rutas.
- Establecer un protocolo de prueba tomando en cuenta las principales variables para la instrumentación y la toma de datos del vehículo.
- Realizar el experimento basándose en el protocolo de prueba para obtener los datos del ciclo.
- Analizar los datos a partir de un modelo estadístico para definir los ciclos representativos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Ciclos de conducción

Un ciclo de conducción representa un registro de la relación entre la velocidad del vehículo y el tiempo. Comúnmente se registra los datos con una frecuencia de 1 Hz, es decir, un dato por segundo es esencial principalmente para examinar el gasto de combustible y las emisiones contaminantes. (Martínez, 2014; citados en Plaza, 2021, p.3).

2.2. Ciclos de conducción en Estados Unidos

Entre los ciclos más representativos están los implementados en Estados Unidos denominado Federal Testing Procedure (FTP) que traducido al español es Procedimiento Federal de Pruebas. Su propósito inicial fue la regulación del inventario de emisiones y la eficiencia de combustible en vehículos comerciales ligeros en los Estados Unidos. El FTP 75 se deriva de una variante del ciclo de manejo urbano en un dinamómetro (en inglés, UDDS). Además, este es una derivación del FTP 72 en el cual al arranque en caliente aumentó el tiempo de viaje en 505 segundos. En el FT 72 ya se tenía un tiempo de prueba que iniciaba con 505 segundos del arranque en frio y su estabilización en frio de 864 segundos. Al ya establecido FT 72 le tomaba un tiempo de 1369 segundos realizar la prueba, pero para su variante el FT 75 le tomaba un tiempo total de 1874 segundos (Hurtado, 2014, pp.4-5).

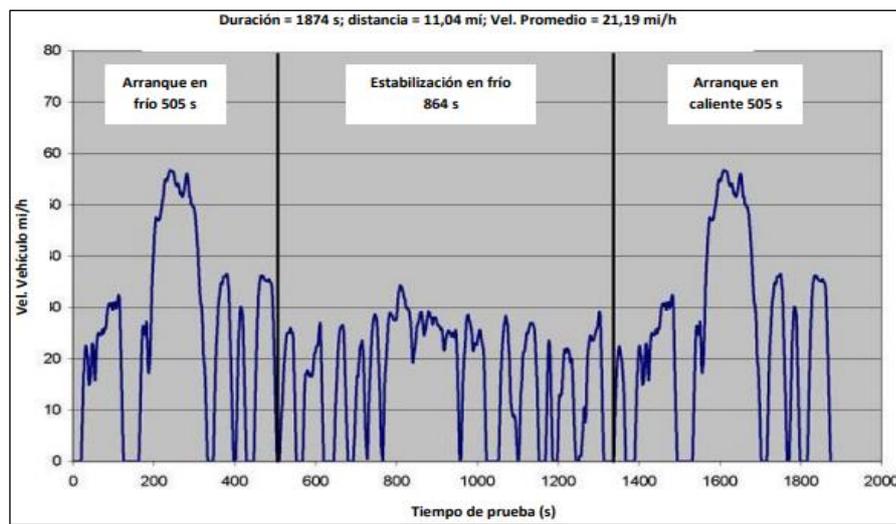


Ilustración 2-1: EPA Federal Test Procedure (FTP)

Fuente: Hurtado, 2014.

2.3. Ciclos de conducción en Europa

Los investigadores europeos de Volkswagen analizaron la posibilidad de adaptar el ciclo FTP 75 a las condiciones del tráfico europeo. Por lo tanto, se compararon situaciones europeas y americanas, donde los vehículos se midieron en ciertos lugares: Italia, Francia, Inglaterra y Alemania. Los datos han sido analizados y permiten una comparación de parámetros como la frecuencia de las paradas, la duración y la duración del viaje. Los investigadores en este estudio concluyen que el ciclo de EE. UU. se consideró insuficiente para casi todos los parámetros considerados. La velocidad constante también es alta, y la combinación de ciclos de conducción en relación con el número total de ciclos no se parece a los resultados obtenidos con datos reales. Sin embargo, el tráfico promedio de FTP 72 parece ser similar a las condiciones en las ciudades europeas (Booth et al., 2002; citado en Quinchimbla y Solís, 2017, pp.6-7).

2.3.1. Ciclo de conducción ARTEMIS

Este ciclo se basa en estudios estadísticos realizados en Europa como parte del llamado proyecto Artemis. Incluye tres configuraciones distintas, además de una variante adicional que abarca un ciclo urbano, un ciclo rural, autopista a 130 km/h y una autopista a 150 km/h.

Los ciclos Artemis no se utilizan para la certificación de emisiones o economía de combustible. Sin embargo, los fabricantes de automóviles utilizan este tipo de ciclo para comprender mejor las condiciones de conducción de los usuarios en las diferentes partes del mundo como también las diferentes situaciones geográficas por consiguiente ayuda para evaluar el rendimiento real de sus vehículos se tiene en cuenta que hay varios otros ciclos utilizados en mayor o menor medida por los fabricantes de automóviles (Charlie y Romain, 2013).

Se puede verificar el ciclo de conducción urbano ARTEMIS en la ilustración 2-2.

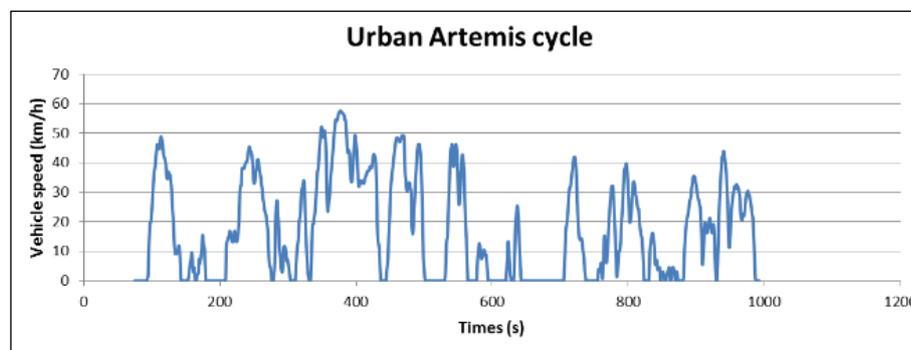


Ilustración 2-2: Ciclo ARTEMIS urbano

Fuente: Charlie y Romain, 2013.

Posteriormente se tiene el ciclo de conducción rural ARTEMIS en la ilustración 2-3.

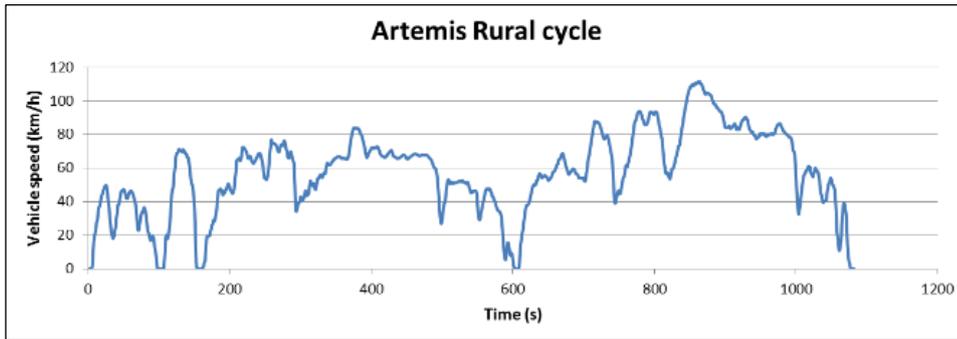


Ilustración 2-3: Ciclo ARTEMIS rural

Fuente: Charlie y Romain, 2013

Y la última configuración con su variante es el ciclo de conducción en carretera mostrado en la figura 2-4.

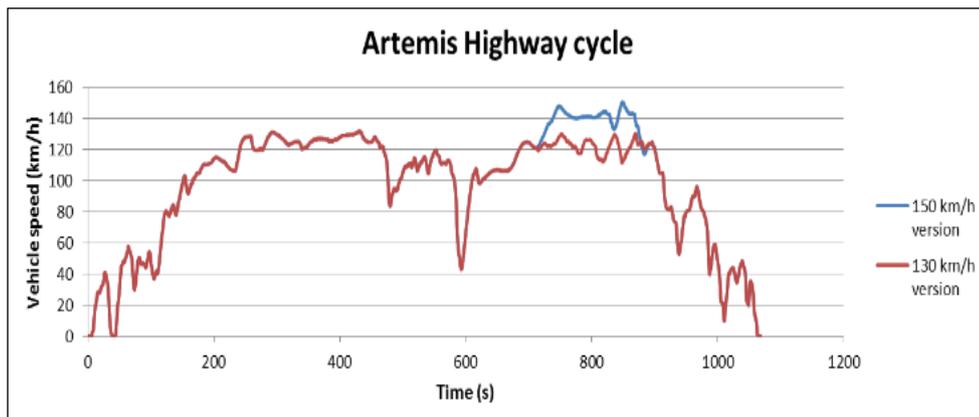


Ilustración 2-4: Ciclo ARTEMIS en carretera

Fuente: Charlie y Romain, 2013

Entre las principales características de las variantes de los ciclos ARTEMIS mencionados se encuentran en la tabla 2-1.

Tabla 2-1: Principales características de los ciclos ARTEMIS

	Urbano	Rural	Autopista 150	Autopista 130
Distancia	4870 m	17272 m	29545 m	28735 m
Duración	993 s	1082 s	1068 s	1068 s
Velocidad Media	17.6 Km/h	57.5 Km/h	99.6 Km/h	96.9 Km/h

Fuente: Charlie y Romain, 2013

Realizado por: Iza, J. & Maza, K. 2023.

2.3.2. Ciclo de conducción NEDC (New European Driving Cycle)

Esta es la regulación de registro uniforme que forma la base para los vehículos vendidos en este continente. Las pruebas se realizan en los laboratorios de cada fabricante de automóviles en vehículos con un kilometraje inferior a 3.000 km. Esta prueba debe realizarse en un laboratorio repotenciado, sin viento y la temperatura ambiente debe estar entre 20° y 25°. Los sistemas que consumen energía del vehículo deben estar sin ser usados como la Iluminación, aire acondicionado, iluminación de cabina, calefacción, radio, y demás componentes que puedan generar un consumo energético.

El vehículo debe mantenerse sin encender su motor de combustión interna durante 7 horas para que la prueba de arranque en frío sea válida. Aunque la FIA ha impuesto estas condiciones, estas pruebas son tan estrictas en cuanto a tiempo, velocidad y paradas que son muy difíciles de reproducir para los usuarios, lo que permite a los conductores profesionales probar sus condiciones y estilo de conducción que no pueden controlar. El ciclo homologado NEDC se divide en dos partes, el ciclo urbano y el ciclo extraurbano (Duque y Rocano, 2018: p. 7).

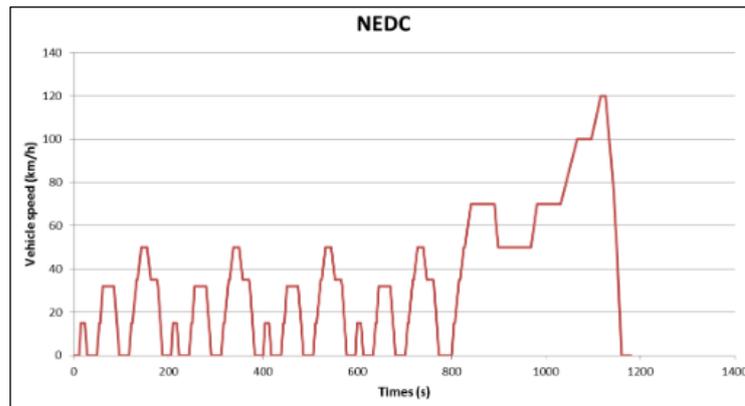


Ilustración 2-5: Ciclo NEDC

Fuente: Charlie y Romain, 2013

2.4. Ciclos de conducción en Japón

2.4.1. Ciclo MODO 10-15

El ciclo japonés de modo 10-15 se emplea para certificar el consumo de combustible y las emisiones. Este ciclo simula tanto las condiciones urbanas como las de carretera, incorporando aspectos como el ralentí, aceleraciones, desaceleraciones y otros parámetros. Se emplea la medición mientras el motor está caliente, después de un procedimiento estándar (Charlie y Romain, 2013).

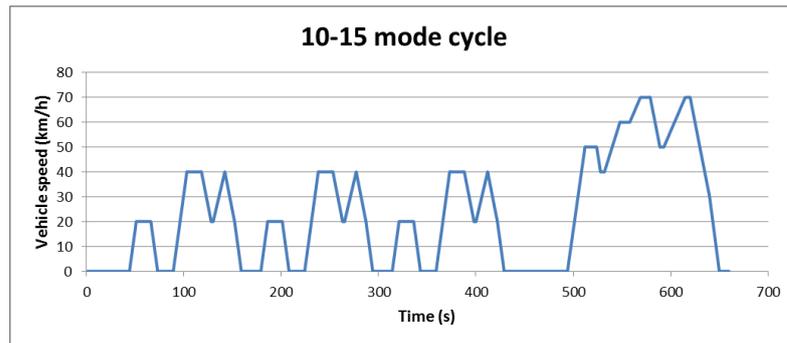


Ilustración 2-6: Ciclo MODO 10-15

Fuente: Charlie y Romain, 2013.

Después de completar el proceso de desarrollo del ciclo MODO 10-15, se obtuvieron algunos resultados importantes para la evaluación de vehículos en Japón, como se puede ver en los datos presentados en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Características del ciclo MODO 10-15

Distancia	4,16 km
Duración	660 s
Velocidad promedio	22,7 km/h

Fuente: Charlie y Romain, 2013

Realizado por: Iza, J, & Maza, K, 2023.

2.4.2. Ciclo JC08

El JC08 es un ciclo transición mucho más exigente que el ciclo de modo 10-15. Se desarrolla con arranques en frío como en caliente y representa la conducción en condiciones de tráfico intenso con aceleraciones y desaceleraciones bruscas.

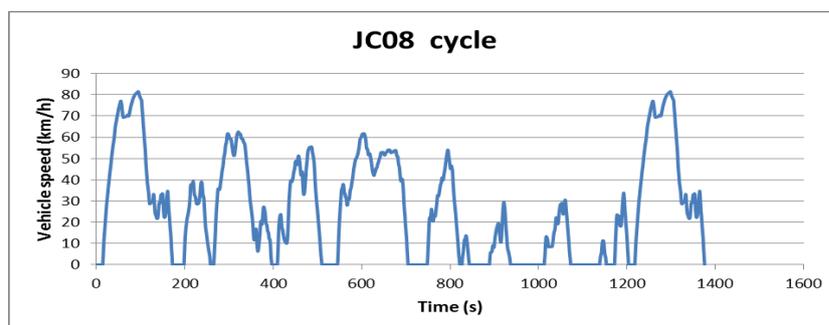


Ilustración 2-7: Ciclo JC08

Fuente: Charlie y Romain, 2013

Se obtuvieron los siguientes resultados durante el desarrollo del ciclo JC08 como se muestra en la tabla 2-3.

Tabla 2-3: Características del ciclo JC08

Distancia	8,17 km
Duración	1 204 s
Velocidad promedio	24,4 km/h

Fuente: Charlie y Romain, 2013

Realizado por: Iza. J. & Maza, K. 2023.

2.5. Ciclos de conducción Hong Kong

Hong Kong desarrolló un ciclo de conducción estándar para áreas urbanas. Los datos de tiempo se recogieron con un vehículo diésel instrumentado que circulaba por dos rutas urbanas fijas. Los datos obtenidos fueron analizados y comparados con otros ciclos de conducción prescritos en otras partes del mundo. (Tong, et al., 1999).

(Tong, et al., 1999; citados en Quinchimbla y Solís, 2017, p.6) mencionan que se tomaron en cuenta nueve parámetros como son la velocidad promedio de corrido, velocidad promedio, promedio de aceleración y desaceleración, longitud, paradas, número de promedio de aceleración y desaceleración. Usaron un vehículo con transmisión manual y motor diésel marca Toyota Hiace. Para medir la velocidad del motor y la rotación de la transmisión utilizaron un sensor infrarrojo, además de un microcomputador Pentium para almacenar los datos. En horarios de 8:00 am a 11:00 am se recopilaban los datos en los meses de septiembre a diciembre de 1997. El resultado de estos, fueron 6 recorridos del área de la península Kowloon (KLN) y las otras 6 de la isla de Hong Kong (HKI), en total 12 fueron los recorridos. Luego con los parámetros mencionados se hace un promedio de las dos áreas y un promedio individual para cada área. Los valores para obtener el ciclo de conducción no deben diferir del valor promedio permitido en más del 5% para ser aceptados en el ciclo. Cada periodo tuvo un tiempo de recorrido de 1 minuto y la combinación de 20 periodos forma un ciclo de 20 minutos.

2.6. Metodología para desarrollar ciclos de conducción en el mundo

Se han realizado muchas investigaciones que describen los patrones de conducción de un lugar determinado, el principal objetivo de cada uno de estos estudios, en general, es evidenciar en el ciclo de conducción las condiciones de manejo real en el sector analizado. Generalmente, los investigadores coinciden en procesos comunes para la determinación de un ciclo de conducción como técnicas de recolección de datos, métodos para seleccionar la ruta representativa y los métodos de construcción del ciclo (Astudillo y Cordero, 2016, p.19).

2.6.1. Técnicas de levantamiento de parámetros de conducción e instrumentación

Los procedimientos aplicados en diversos estudios de ciclos de conducción a nivel global toman en cuenta las variables principales que conforman la dinámica de la conducción, las cuales son: porcentaje del tiempo detenido; porcentaje del tiempo en operación; velocidad media (km/h); aceleración media (m/s^2); desaceleración media (m/s^2), entre otros. (Acevedo, et al., 2012; citados en Quinchimbla y Solís, 2017, p.15).

Existen técnicas que se emplean para la recolección de datos de parámetros representativos como:

- Técnica On-Board.
- Técnica de Persecución de vehículo.

2.6.1.1. Técnica On-Board

Este tipo de técnica proporciona un medio para recolectar información de operación del vehículo dentro de parámetros reales de operación, equipándolo con instrumentos que permiten la medición y almacenamiento de datos como velocidad y aceleración, circulando entre el flujo vehicular característico del sitio de estudio. Estos tipos de instrumentos pueden ser Datalogger, GPS, scanner vehiculares, entre otros, destinados para este tipo de estudio (Huertas, et al., 2004; citados en Quinchimbla y Solís, 2017, p.15).

2.6.1.2. Técnica de Persecución de Vehículo

Esta técnica trata básicamente en el uso de dos vehículos, uno de “caza” y el otro “objetivo”, consiste que el “caza” siga al “objetivo” dentro de una ruta particular, tratando de imitar la forma de conducción del vehículo “objetivo” estableciendo así una mejor representación de manejo. Si el “objetivo” se desvía de la ruta particular, el “caza” selecciona aleatoriamente otro “objetivo” e inicia otro seguimiento (Jhonson, et al., 1975; citados en Pérez y Quito, 2018, p.20).

Este método no es recomendable para perseguir a vehículos públicos como taxis, autobuses, entre otros. En el año 2001 en la ciudad de Edimburgo, Escocia fue empleado por primera vez esta técnica (Jhonson, et al., 1975; citados en Pérez y Quito, 2018, p.20).

2.6.2. Métodos de selección de rutas representativas

(Quinchimbla y Solís, 2017, p.19) menciona que existen algunas diferencias en las características de los estilos de manejo al recorrer el vehículo entre diferentes usos de terreno, planificación de tráfico e infraestructura vial. Por lo tanto, antes de conducir un vehículo es importante definir primero las rutas que muestren patrones de conducción típicos para recopilar la velocidad de este.

De acuerdo con la literatura de las investigaciones realizadas a nivel mundial, muestran que el ciclo Melbourne, ciclo inglés, ciclo EDC, ciclos MODEM, ciclos MODEM HYZEM y ciclo URB se desarrollaron mediante la identificación de rutas representativas desde el hogar hasta el trabajo en diferentes periodos de tiempo, mientras que los investigadores del ciclo HWFEC, ciclo de alemán German Motorway y ciclo Sidney identificaron los tipos de carreteras como el principal criterio para seleccionar rutas representativas (Quinchimbla y Solís, 2017, p.19)

En la investigación de “Análisis de representatividad de ciclos de conducción construidos a partir de potencia específica vehicular y consumo de energía basado en micro viajes” (Montúfar, et al., 2021) la selección de ruta representativa fue seleccionada de forma aleatoria, enfocándose en recorrer zonas urbanas de mayor circulación a partir de reportes de tráfico satelitales como Google Maps, también seleccionaron vías de alta velocidad de conexión obligada entre centros urbanos.

2.6.3. Criterios y procedimientos para desarrollar ciclos de conducción

En este apartado, se revisan algunos procedimientos planteados en varias investigaciones realizadas para la construcción de ciclos de conducción. En la investigación realizada en la “Determinación de Ciclos de Conducción en Rutas Urbanas Fijas” (Jiménez, et al., 2013) los ciclos de conducción se determinan dividiendo las curvas experimentales recopiladas en microciclos y aplicando técnicas estadísticas como el análisis de conglomerados (clustering) en buses de servicio público.

De igual forma en la investigación realizada en el “Desarrollo de una metodología para generación de ciclos de conducción representativos del tráfico real urbano. Aplicación para medida de emisiones en banco de rodillos” (Gómez de las Heras, 2011) la variación en la pendiente del terreno se incluye en el análisis como un factor que afecta el consumo de combustible, a partir de las muestras tomadas, las curvas experimentales en segmentos entre paradas (SEP) y segmentos de parada (SP), El registro inicial corresponde al momento en que la velocidad excedió los 2 km/h, mientras que el segundo registro involucra la captura de datos cuando la velocidad está por debajo de esta cifra. Los SEP y los SP se agrupan en función de las similitudes existentes entre los conjuntos de datos, para ello se evalúan los parámetros velocidad y aceleración de un SEP y el

tiempo de duración de un SP, se aplican métodos estadísticos a estos segmentos y se crea un ciclo de conducción con los SEP y los SP de las muestras recolectadas.

En la investigación “Desarrollo y validación de un ciclo de conducción para la ciudad de San José de Costa Rica” (Sanabria Sandí, 2012; citado en Astudillo, 2016, p.21), se realiza a partir de un conductor experimentado la recolección de curvas experimentales en una ruta determinada mediante un auto liviano, de la muestra recolectada se selecciona 12 parámetros resumen que muestra cada viaje hecho y calcula el Coeficiente de Variación (CV) de la muestra para determinar si los recorridos son suficientes. Divide cada curva experimental en 7 microciclos y a partir de ahí construye ciclos de conducción al combinar microciclos de todos los viajes, luego aplica el método de mínimas diferencias ponderadas sobre los ciclos resultantes para estimar que combinación es el ciclo de conducción representativo.

2.7. Equipo y software

2.7.1. ELM 327

Es un dispositivo portátil que facilita la conexión a la Unidad de Control del Motor (ECU) del vehículo a través de la interfaz OBD II (On Board Diagnostics) para diagnóstico. Esta conexión se puede realizar mediante USB, RS-232, Bluetooth o Wi-Fi. Los protocolos de comunicación pueden variar según el fabricante, y, por lo tanto, el dispositivo OBD II ELM 327 es compatible con 12 variantes distintas. (Calva y Flores, 2020, pp.29-30):

- Automático
- SAE J1850 PWM (41.6 Kbaud)
- SAE J1939 CAN (29-bit ID, 250 Kbaud)
- USER 1 CAN (11-bit ID, 125 Kbaud)
- USER 2 CAN (11-bit ID, 50 Kbaud)
- SAE J1850 VPW (10.4 Kbaud)
- ISO 9141-2 (5 baud init, 10.4 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (29-bit ID, 250 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (11-bit ID, 250 Kbaud)
- ISO 14230-4 KWP (5 baud init, 10.4 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (29-bit ID, 500 Kbaud)
- ISO 15765-4 CAN (11-bit ID, 250 Kbaud)
- ISO 14230-4) KWP (fast init, 10.4 Kbaud)



Ilustración 2-8: Adaptador ELM 327 OBD II

Fuente: Iza. J. & Maza, K. 2023.

2.7.2. *Torque Pro*

Esta es una aplicación disponible tanto en Android como en iOS que utiliza tecnología Bluetooth y Wi-Fi para establecer una conexión con la computadora del vehículo a través de un dispositivo OBD II. Luego, envía información relevante sobre el estado del automóvil mediante PIDs (Parámetros de Datos de Diagnóstico) que se seleccionan según las necesidades. (Calva y Flores, 2020, p.30).



Ilustración 2-9: Aplicación TORQUE PRO

Realizado por: Iza. J. & Maza, K. 2023.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. Metodología

Para la presente investigación se empleará los siguientes métodos:

3.1.1. *Método inductivo*

El método inductivo en el contexto de ciclos de conducción implica el proceso de analizar y modelar los patrones de comportamiento de conducción basándose en observaciones y datos concretos obtenidos de situaciones reales de manejo. Este enfoque se utiliza para desarrollar un entendimiento más profundo de cómo los conductores interactúan con los vehículos y cómo se comportan en diferentes condiciones de conducción.

3.1.2. *Método experimental*

El método experimental en ciclos de conducción implica la realización de experimentos controlados en los que se manipulan variables específicas para comprender cómo afectan el comportamiento de conducción y el rendimiento del vehículo. Este enfoque se utiliza para obtener información cuantitativa y precisa sobre cómo los factores específicos influyen en la conducción.

El objetivo es obtener un ciclo de conducción representativo de 3 rutas en la ciudad de Ambato, con ensayos realizados a bordo de un vehículo. La metodología utilizada es la siguiente:

3.2. Protocolo de pruebas

Para la obtención del ciclo característico, se estableció dos rutas urbanas y una combinada. La prueba se realiza con una carga adicional de 180 Kg (peso de 2 ocupantes) y con los instrumentos descritos anteriormente.

El procedimiento que se realizó fue el siguiente:

- Verificar la condición física del vehículo en cuanto a la funcionalidad del sistema y la presión de los neumáticos.
- Pesar el vehículo y los ocupantes.

- Instrumentar el vehículo con un GPS que sea capaz de recolectar datos cada segundo. Se sugiere utilizar la aplicación Torque Pro y el lector OBD II ELM 327.
- Seleccionar datos como velocidad, aceleración, altitud, longitud, latitud en la aplicación Torque Pro que serán necesarios para el análisis.
- Realizar 30 viajes o más por ruta para tener una buena muestra para el análisis estadístico.
- Una vez completada la ruta se procede a exportar los datos a un archivo Excel, para posteriormente hacer el análisis.
- Finalmente se procede a obtener el ciclo de conducción característico que represente a todas las curvas experimentales recolectadas.

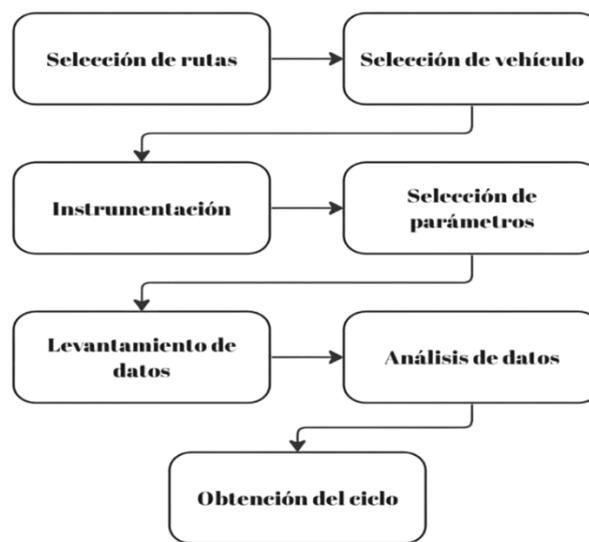


Ilustración 3-1: Metodología para el desarrollo de ciclos de conducción

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

3.2.1. Selección de rutas

Para realizar este proyecto se presentaron diferentes opciones para la selección de rutas, la cual se optó por empezar por la selección de parroquias de la ciudad de Ambato, se buscó información en las páginas oficiales del GAD municipal para posterior seleccionar las calles que abarquen el mayor número de parroquias.

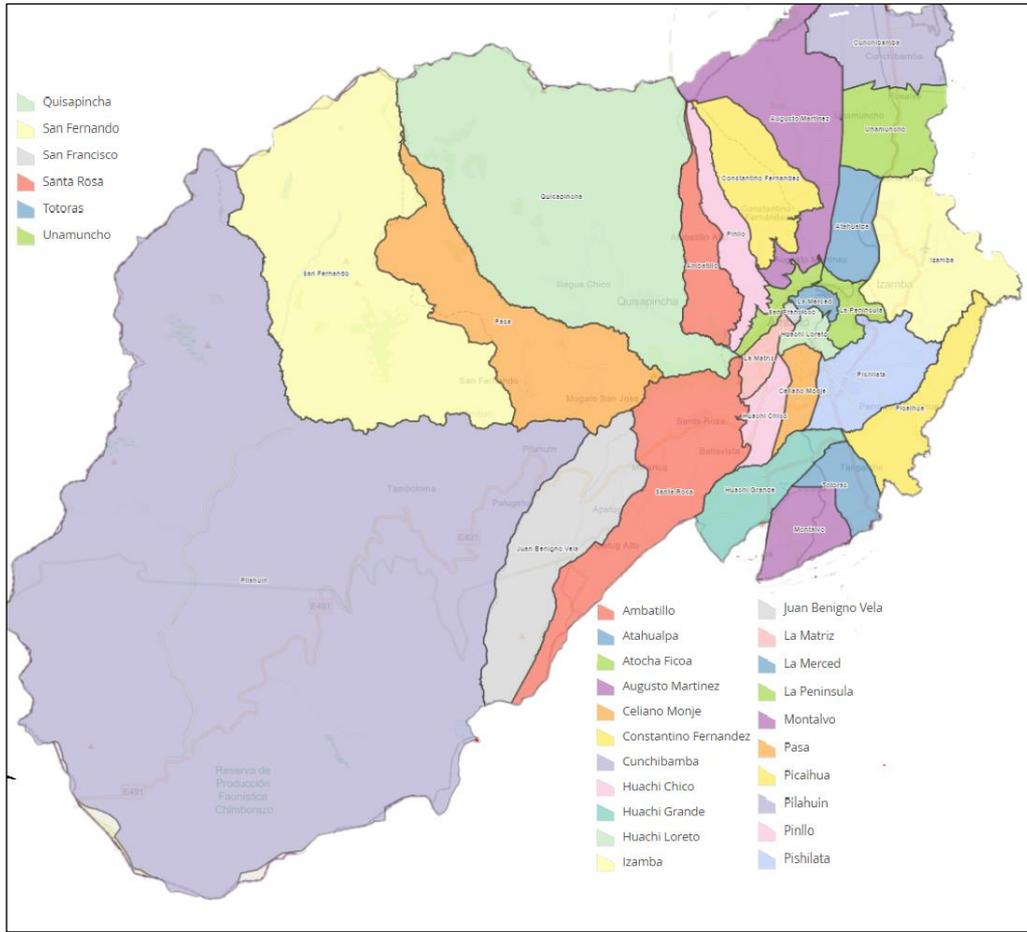


Ilustración 3-2: Zonas parroquiales consolidadas

Fuente: GAD Municipal Ambato, 2023.

Después de encontrar las parroquias se empezó a seleccionar las que conforman la zona urbana de la ciudad que de acuerdo con (López et al., 2022) son las siguientes:

- Atocha - Ficoa
- Celiano Monge
- Huachi Chico
- Huachi Loreto
- La Matriz
- La Merced
- La Península
- Pishilata
- San Francisco

Y a su vez se determinó las parroquias rurales tales como:

- Ambatillo
- Atahualpa

- Augusto Martínez
- Constantino Fernández
- Cunchibamba
- Huachi Grande
- Izamba
- Juan B. Vela
- Montalvo
- Pasa
- Picaihua
- Pilahuin
- Quisapincha
- San Bartolomé de Pinllo
- San Fernando
- Santa Rosa
- Totoras
- Unamuncho

En estas rutas urbanas se verificó las calles por donde existe mayor cantidad de tráfico en horas pico esto se realizó con la ayuda de la aplicación Google maps la cual nos da reportes del tráfico en los diferentes horarios, los 7 días de la semana. Los horarios que se escogió fueron de 6:30 am – 8:30 am, 11:30 am – 13:30 pm y 17:30 pm – 19:30 pm, por ser considerados horarios pico, donde existe la máxima afluencia de tráfico en la ciudad.

En la siguiente imagen podemos observar la afluencia de tráfico en hora de la mañana, este horario se tomó por el gran movimiento de personas en vehículos que se dirigen hacia sus trabajos, así como colectivos que se dirigen a los diferentes establecimientos educativos.

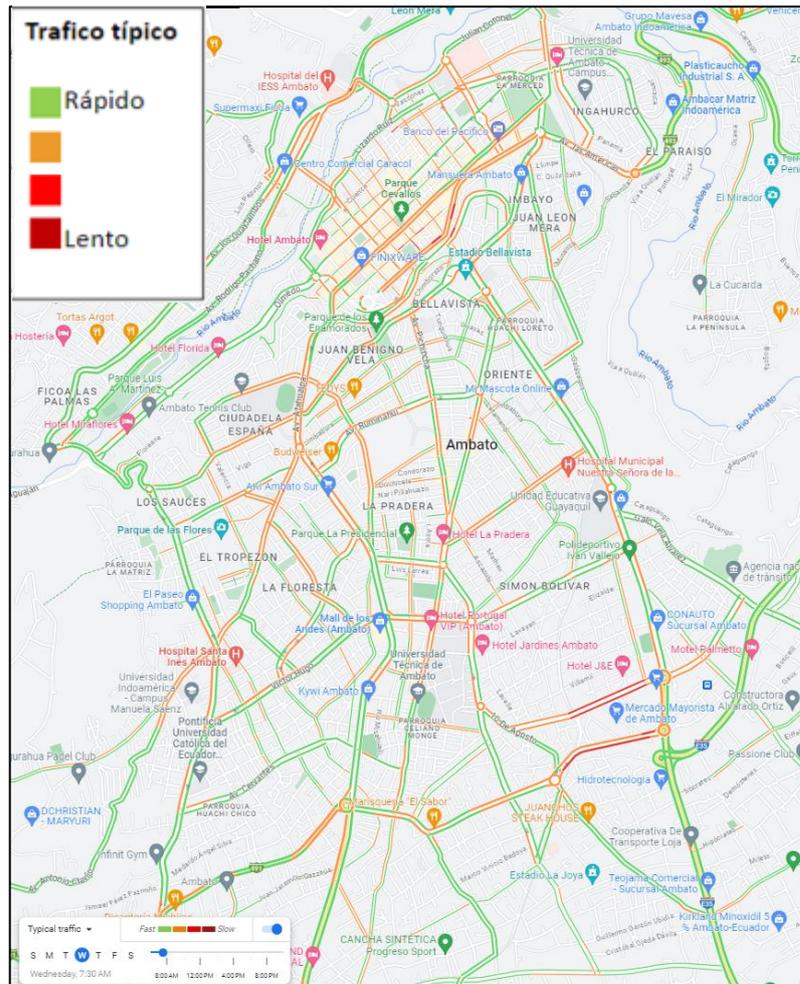


Ilustración 3-3: Tráfico de Ambato en el horario de 6:30-8:30 am

Fuente: Google Maps, 2023.

Otro de los horarios que se estableció para ser analizado es el del medio día, en este influyen de igual forma el tráfico por la afluencia de colectivos que recogen los estudiantes de los diferentes establecimientos educativos de la zona urbana de la ciudad y en este horario también las personas salen de sus trabajos por su respectivo descanso de medio día esto genera que las principales calles de las diferentes zonas estén copadas por vehículos y personas.

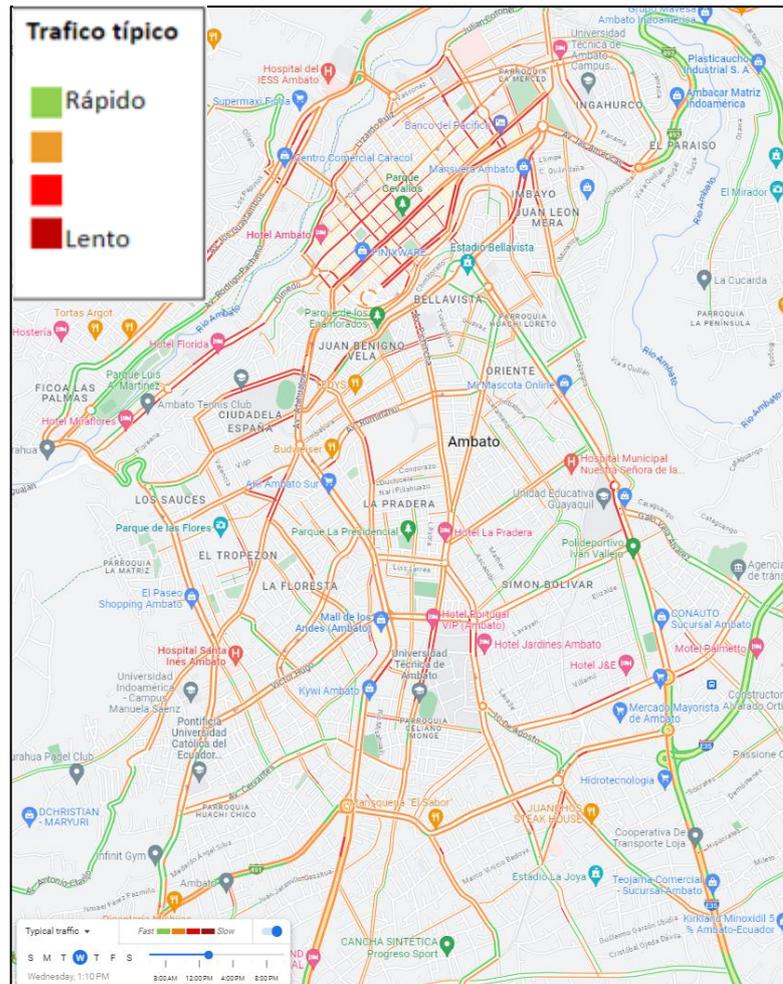


Ilustración 3-4: Tráfico de Ambato en el horario de 11:30 am-13:30 am

Fuente: Google Maps, 2023.

Al término del día tenemos la congestión que se produce en horas de la tarde casi noche esto se debe porque las personas finalizan su jornada laboral y se dirigen a sus respectivos domicilios ubicados en diferentes puntos de Ambato



Ilustración 3-5: Tráfico de Ambato en el horario de 17:30 pm–19:30 pm

Fuente: Google Maps, 2023.

A partir del tráfico de las calles se definió tres rutas distintas teniendo en común tres calles como la Simón Bolívar, 12 de noviembre y la avenida Cevallos. Cabe recalcar que dos rutas son urbanas y una combinada, esta abarca una parte de la zona periférica de la ciudad.



Ilustración 3-6: Trayecto de la ruta urbana 1

Fuente: Google Earth, 2023.

La ruta urbana 1 empieza desde la calle Manuelita Sáenz que esta por el paseo shopping para luego seguir su trayecto por la rompecorazones hasta llegar a los Guaytambos, Hospital del IESS Ambato, avenida Rodrigo Pachano, la calle Dr. Julio Enrique Paredes, avenida Pasteur esta se une a la avenida Indoamericana y a su vez por la avenida Las Américas, se conecta a la calle Simón Bolívar, avenida Cevallos, avenida 12 de noviembre para luego pasar por el estadio Bellavista, avenida Bolivariana hasta llegar al mercado mayorista, calle Julio Jaramillo que se conecta a la calle José Peralta y nuevamente a la avenida Manuelita Sáenz hasta llegar al paseo shopping.

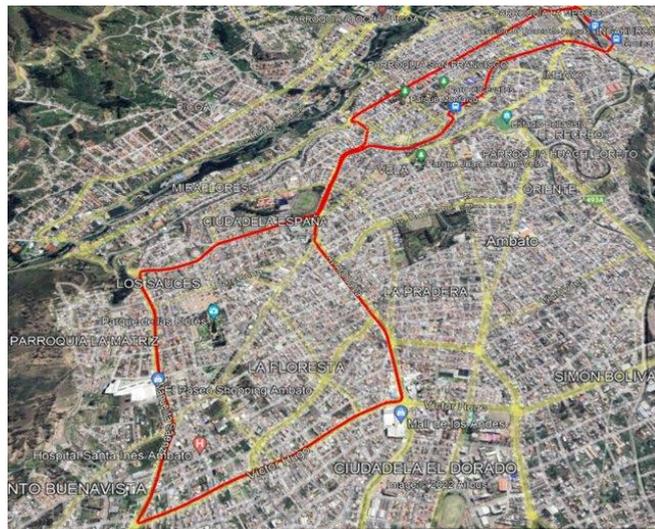


Ilustración 3-7: Trayecto de la ruta urbana 2

Fuente: Google Earth, 2023.

La ruta urbana 2 empieza desde la calle Manuelita Sáenz que esta por el paseo shopping para luego seguir su trayecto por la avenida Quiz Quiz hasta llegar a la avenida Atahualpa, calle 13 de Abril, calle Mera, avenida Doce de Noviembre, avenida Las Américas, calle Paraguay, calle Colombia, nuevamente avenida Las Américas hasta conectarse con la calle Simón Bolívar, calle Francisco Flor, calle Yahaira, avenida Atahualpa hasta llegar al Mall de Los Andes, calle Víctor Hugo has conectarse con la avenida Manuelita Sáenz y llegar al paseo shopping.

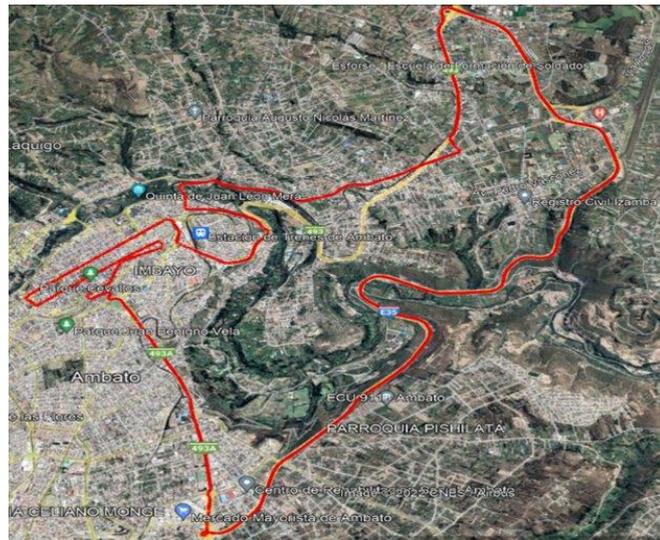


Ilustración 3-8: Trayecto de la ruta 3 combinada

Fuente: Google Earth, 2023.

La ruta urbana 3 empieza desde la estación de servicio oriente ubicada por el mercado Mayorista para luego dirigirse por la troncal de la sierra en la carretera Panamericana hasta el parque industrial de Ambato, para unirse a la avenida Indoamericana, calle Abel Barona, Dr. Julio Castillo Jácome hasta unirse a la avenida Rodrigo Pachano, la calle Dr. Julio Enrique Paredes, avenida Pasteur esta se une a la avenida Indoamericana y a su vez por la avenida Las Américas, se conecta a la calle Simón Bolívar, avenida Cevallos, avenida 12 de noviembre para luego pasar por el estadio Bellavista, avenida Bolivariana hasta llegar al mercado mayorista nuevamente.

3.2.2. Selección de vehículo

El vehículo que se seleccionó para la simulación fue una Pick-up marca Chevrolet modelo Luv Dmax 4x4 motor 3.0 turbo diésel año 2012 con las especificaciones que se muestran en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Especificaciones del vehículo seleccionado.

Vehículo	Luv Dmax 3.0 turbo diésel
Largo (mm)	5035
Ancho (mm)	1520
Alto (mm)	1735
Peso (kg)	1990
Modelo del Motor	Isuzu 4JH1 - TC
Potencia (Hp/rpm)	130/3800
Torque Máximo (Nm/rpm)	280/2000
Llantas	255/70 R16
Frenos	Frenos delanteros de discos ventilados pinzas 2 pistones, frenos posteriores con zapatas contrapuestas

Realizado por: Iza, J., & Maza, K. 2023.

3.2.3. Instrumentación

En el capítulo anterior se detalló las técnicas de levantamiento de datos, en la presente investigación se utilizó la técnica On-Board para el estudio. Esta técnica requiere que el muestreo se realice con equipos capaces de adquirir datos de parámetros como velocidad, distancia, tiempo, para el desarrollo del estudio (Quinchimbla y Solís, 2017, p.28).

Los datos se deben tomar de manera continua por medio de un equipo capaz de capturar cada segundo los parámetros necesarios y que permita guardar la información en archivos de fácil manipulación para su posterior procesamiento estadístico (Restrepo, et al., 2007; citados en Quinchimbla y Solís, 2017, pp.6-7).

3.2.3.1. ELM 327

Para el estudio se emplea un dispositivo ELM 327 vía OBD II que permite la conexión a la computadora del vehículo por medio de un celular, posibilitando obtener información de la ECU y posteriormente guardar los datos en un archivo de texto para su respectivo análisis estadístico (Calva y Flores, 2020; citados en Sarango y Benavides, 2021, p.17).

3.2.3.2. Torque Pro

Es una aplicación que, a través de su interfaz y con la asistencia del dispositivo ELM 327, recopila información sobre la posición del vehículo (GPS), datos de PID (información de sensores y

actuadores) y detalles sobre el consumo de combustible en intervalos de un segundo. (Calva y Flores, 2020, pp.30-31).

3.2.4. Selección de parámetros

La selección de parámetros es necesario para obtener las características de conducción, construcción de ciclos de conducción y determinación de la representatividad estadística y selección de los ciclos representativos (Quinchimbla y Solís, 2017, p.35).

Los parámetros del vehículo necesarios para la determinación del consumo de energía demandada en rueda son los siguientes:

- Área frontal del vehículo [A_f]
- Masa del vehículo [M]
- Radio dinámico [r_d]
- Coeficiente de arrastre [C_d]
- Coeficiente de resistencia a la rodadura [f_r]

3.2.4.1. Área frontal de la Pick-up

El área frontal de la Pick-up se determinó por medio de un software CAD en el cual se procedió a dibujar el contorno de la parte delantera del vehículo con las dimensiones especificadas en la ficha técnica que nos indica que tiene una altura de 1735 mm y del centro de una llanta a la otra tiene de ancho 1520 mm.

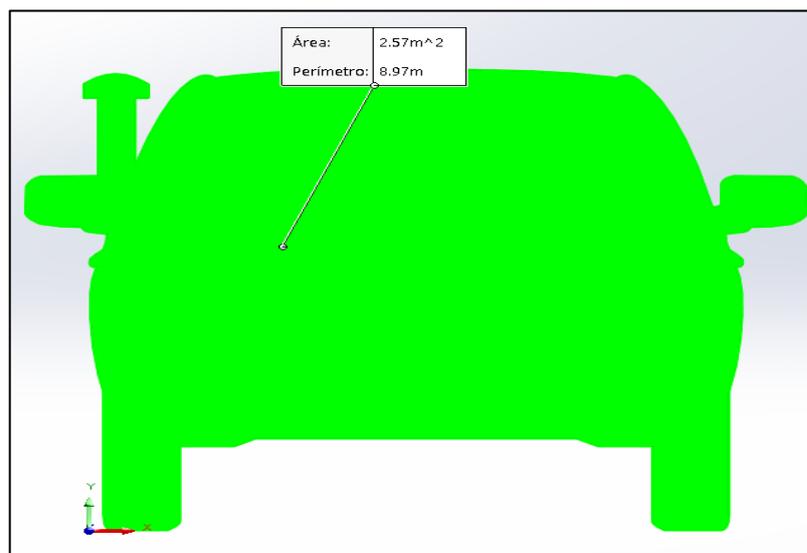


Ilustración 3-9: Área frontal vehículo

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

3.2.4.2. Masa de la Pick-up

De acuerdo con la ficha técnica del modelo de la Pick-up Chevrolet Luv Dmax 4x4 motor 3.0 turbo diésel año 2012, el peso de la camioneta es de 1,990 Kg. Se consideró el peso de dos ocupantes de 95 Kg, dando un peso total de 2,180 Kg.

3.2.4.3. Radio dinámico

El radio dinámico es el radio del neumático que se deforma debido al peso y la rotación del neumático. Las dimensiones del neumático de la Pick-up son 255/70/R16. El radio dinámico se calcula mediante la ecuación (2).

$$r_{nominal} = \frac{2 * R_{aspecto} + \phi_{aro}}{2} \quad Ec. 1$$

$$r_d = 0.98 * r_{nominal} \quad Ec. 2$$

Los valores de los parámetros de coeficiente de arrastre, coeficiente de resistencia a la rodadura y densidad del aire [Kg/m^3] en la ciudad de Ambato, fueron tomados de la literatura y se muestran en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Parámetros del vehículo para determinar la demanda energética.

	Parámetro	Valor	Unidad	Simbología
Parámetros del vehículo	Área frontal	2.57	m ²	Af
	Masa del vehículo	2180	Kg	M
	Masa de 2 pasajeros	180	Kg	m
	Radio dinámico	0.33658	m	r_d
	Coeficiente de arrastre	0.5	-	C_d
	Coeficiente de resistencia a la rodadura	0.009	-	f_r
Parámetros ambientales	Gravedad	9.81	m/s ²	g
	Densidad del aire	0.875	Kg/m ³	
Parámetros de operación	Velocidad	-	m/s	v
	Aceleración	-	m/s ²	a
	Pendiente	-	Rad	

Realizado por: Iza, J. & Maza, K. 2023.

3.2.5. Levantamiento de datos

Las rutas seleccionadas para desarrollar el ciclo de conducción son 2 rutas en zonas urbanas (ciudad) y una combinada (zona urbana y vía perimetral) de la ciudad de Ambato de manera que las trazas de velocidad-tiempo obtenidas representen la forma de conducir real en el mismo.

Seleccionadas las vías y con el vehículo instrumentado, se consigue los datos que se van a utilizar para posteriormente desarrollar el ciclo de conducción. Para esto se deben realizar recorridos de forma regular, partiendo del mismo lugar dentro del horario establecido como se menciona en el apartado de selección de rutas.

La recolección de datos se realizará hasta completar 30 viajes por ruta con el fin de obtener un perfil de comportamiento real de la vía, se debe considerar y/o verificar que el carril por el que se está circulando es recomendable para realizar las mediciones, así como fijar una velocidad máxima o promedio.

3.2.6. Análisis de datos

3.2.6.1. Modelo de la dinámica longitudinal del vehículo

Por lo general un vehículo se desplaza a través de carretera que puede ser llana, tomar curvas y además ascender y descender pendientes. Se realizó una modelización del movimiento del vehículo, este modelo incluirá velocidad, aceleración y la pendiente.

A partir de la dinámica vehicular determinaremos la demanda energética, que se sustenta a través de la segunda ley de Newton. En la ilustración 3-10, se muestra el diagrama de cuerpo libre en el cual se expresan las fuerzas resistivas que el vehículo debe vencer para poder moverse (Emadi, 2014, p15)

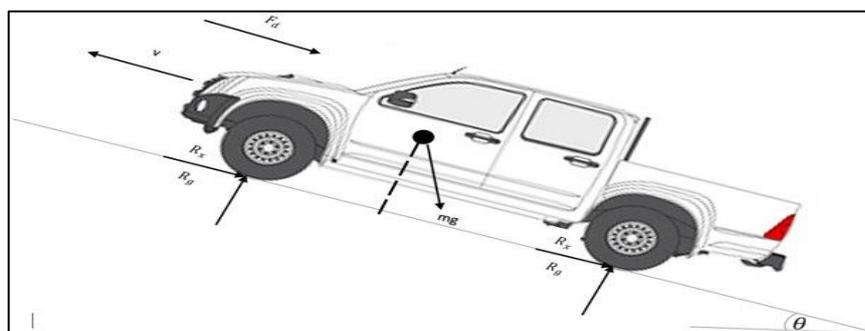


Ilustración 3-10: Fuerzas que actúan sobre el vehículo.

Realizado por: Iza, J. & Maza, K. 2023.

A continuación, se describirá las fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo. En la ecuación (3), se muestra la relación entre la aceleración del vehículo y las fuerzas que actúan sobre el mismo.

$$F_t = F_d + R_g + R_x + R_i \quad Ec. 3$$

Donde:

R_i : fuerza de resistencia a la inercia [N]

F_t : fuerza de tracción [N]

F_d : fuerza de resistencia aerodinámica [N]

R_g : fuerza de resistencia a la pendiente [N]

R_x : fuerza de resistencia a la rodadura [N]

Resistencia aerodinámica

Es la fuerza que actúa en el vehículo, afectando a la potencia y energía requerida para el movimiento del vehículo, esta fuerza se la calcula utilizando la ecuación (4), teniendo en cuenta la densidad, área frontal y la velocidad (Emadi, 2014, p15)

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot A_f \cdot v^2 \quad Ec. 4$$

Donde:

C_d : Coeficiente de arrastre (adimensional)

ρ : Densidad del aire [Kg/m^3]

A_f : Área frontal [m^2]

Resistencia a la pendiente

Al desplazarse un vehículo hacia arriba o hacia abajo en una pendiente, la acción de la gravedad genera una fuerza dirigida hacia abajo, esta fuerza es contraria al movimiento del vehículo durante el ascenso de una pendiente y a favor del movimiento del vehículo al descender una pendiente (Emadi, 2014, p15). La resistencia a la pendiente se calcula mediante la ecuación (5).

$$R_g = m \cdot g \cdot \sin(\theta) \quad Ec. 5$$

Donde:

m : Es la masa del vehículo [Kg]

g : Es la aceleración de la gravedad [m/s^2]

θ : Es el ángulo de la pendiente de la carretera [rad]

Resistencia a la rodadura

La resistencia que enfrenta el vehículo, dependiendo del suelo en el que circula y de las llantas, en esta fuerza intervienen la masa del pasajero más la del vehículo, la gravedad y la pendiente (Emadi, 2014, p15). Se la calcula utilizando la siguiente ecuación (6).

$$R_x = f_r \cdot M \cdot g \cdot \cos(\theta) \quad Ec. 6$$

Donde:

f_r : Constante de resistencia a la rodadura (adimensional)

M ; Masa [Kg]

g : Es la aceleración de la gravedad [m/s^2]

θ : Es el ángulo de la pendiente de la carretera [rad]

Las ecuaciones (3), (4), (5), (6) permiten determinar la dinámica longitudinal del vehículo y nos permite calcular variables tales como la fuerza [N], el torque [$N \cdot m$], la potencia [kW] y energía en rueda [$kW \cdot h$].

El torque en rueda se determinó con la ecuación (7), la potencia en rueda con la ecuación (8) y la energía en rueda con la ecuación (9).

$$T_x = F_x \cdot r_d \quad Ec. 7$$

$$P_x = F_x \cdot v \quad Ec. 8$$

$$E_x = P_x \cdot \Delta_t \quad Ec. 9$$

Donde:

r_d : Es el radio dinámico de las ruedas [m]

v : La velocidad del vehículo [m/s]

Δ_t : Es la variación de tiempo [s]

Con los parámetros obtenidos se determina la energía de resistencia aerodinámica con la ecuación (10), energía de resistencia a la rodadura con la ecuación (11), energía de resistencia a la pendiente con la ecuación (12) y la energía total con la ecuación (13).

$$E_{ef} = F_d \cdot v \cdot \Delta_t \quad Ec. 10$$

$$E_g = R_x \cdot v \cdot \Delta_t \quad Ec. 11$$

$$E_i = m \cdot a \cdot v \cdot \Delta_t \quad Ec. 12$$

$$E_T = E_{ef} + E_x + E_g + E_i \quad Ec. 13$$

3.2.6.2. Análisis por promedios ponderados

El método de promedios ponderados es un enfoque estadístico que implica la recopilación de datos o muestras, seguido de su clasificación y representación mediante el uso de parámetros de resumen, es decir, las características clave del análisis de la muestra. El siguiente paso es asignar un peso a aquellos parámetros que tienen una función de comparación en comparación con la media de los parámetros de la muestra. De esta manera, la ruta que está más cerca de la media de las rutas o muestras en sus parámetros generales es seleccionado.

Para el estudio de los promedios ponderados se trabajará con variables como la resistencia a la rodadura, resistencia a la pendiente, la resistencia a la inercia y resistencia aerodinámica y cada una multiplicada por la velocidad para obtener el consumo energético de cada una, la energía consumida total se obtiene de la sumatoria de las energías que se generan en la rueda.

La mínima diferencia entre las medias ponderadas proporciona una estimación para las muestras y selecciona la que corresponde al valor mínimo de desviación de los parámetros combinados en el análisis de su media como se muestra en la ecuación.

$$y = \arg \min \sum f_i(x_i - \bar{x}) \quad \text{Ec. 14}$$

y = Valor mínimo de la sumatoria de parámetros ponderados

f_i = Factor de ponderación para cada parámetro

x_i = Valor de parámetro resumen

\bar{x} = Media de los valores de parámetros resumen.

Para este análisis por promedios ponderados se consideró los datos como velocidad, altitud, longitud, latitud y tiempo segundo a segundo. Con estos y más datos añadidos al cálculo se obtendrá las energías requeridas en cada viaje que se realizó, se debe realizar este análisis con los porcentajes de cada energía.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

Para las 3 rutas se realizó un total de 30 viajes en los horarios establecidos, se obtuvo los porcentajes de los requerimientos energéticos de cada viaje de cada una de las energías demandadas, para luego hacer el promedio y posteriormente encontrar el factor de ponderación de cada una. Se encontró el ciclo representativo aplicando la metodología de promedios ponderados por medio de la ecuación 13 descrita en el anterior capítulo. Se escogió como ciclo representativo el viaje que tenga mínimas diferencias con respecto a la media ya que esta tendrá menor desviación de los parámetros analizados.

4.1. Resultados de la ruta 1 urbana

Tabla 4-1: Energías demandadas en cada viaje de la ruta 1

Número de viajes	Energía				Total Energía	Sumatoria
	Fuerza resistencia a la aerodinámica (Fd)	Fuerza resistencia a la rodadura (Rx)	Fuerza de resistencia a la pendiente (Rg)	Fuerza resistencia a la inercia (Ri)		
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
1	3.569	10.105	52.510	33.816	100	1.708
2	2.591	10.094	57.738	29.576	100	2.774
3	2.551	10.188	55.811	31.450	100	1.097
4	2.521	9.423	55.358	32.698	100	0.361
5	2.240	7.863	53.274	36.623	100	2.242
6	2.192	8.650	55.427	33.731	100	0.417
7	3.008	10.968	51.217	34.807	100	2.815
8	2.164	8.159	55.849	33.828	100	0.727
9	2.678	10.565	62.329	24.428	100	7.059
10	2.844	11.606	54.234	31.316	100	1.332
11	1.615	6.973	67.309	24.103	100	10.009
12	1.877	8.210	54.886	35.027	100	0.801
13	2.548	9.246	56.385	31.821	100	1.203
14	2.307	9.260	55.603	32.829	100	0.440
15	2.692	9.597	51.854	35.857	100	2.679
16	2.335	8.805	52.347	36.512	100	2.626
17	2.441	9.225	52.303	36.030	100	2.450
18	2.175	9.099	56.543	32.182	100	1.183
19	2.089	8.588	56.284	33.040	100	0.805

20	2.876	9.860	45.635	41.630	100	8.052
21	3.105	9.487	48.248	39.160	100	5.763
22	2.079	8.999	59.641	29.281	100	3.866
23	2.356	9.426	55.973	32.245	100	0.852
24	2.544	10.534	55.766	31.156	100	1.202
25	2.610	9.080	55.208	33.102	100	0.141
26	2.418	8.493	49.569	39.520	100	5.183
27	2.299	8.284	58.132	31.284	100	2.429
28	2.179	8.224	59.933	29.663	100	3.969
29	2.278	7.921	54.318	35.484	100	1.282
30	2.695	9.670	52.416	35.219	100	2.164

Realizado por: Iza. J. & Maza, K. 2023.

Tabla 4-2: Promedios de los porcentajes de energías demandadas de la ruta 1

Promedios de los porcentajes de energía demandada en rueda				Sumatoria de promedios
Fuerza resistencia a la aerodinámica Fd	Fuerza resistencia a la rodadura Rx	Fuerza de resistencia a la pendiente Rg	Fuerza resistencia a la inercia Ri	[%]
2.463	9.220	55.070	33.247	100
Factores de ponderación				
0.025	0.092	0.551	0.332	1

Realizado por: Iza. J. & Maza, K. 2023.

En la tabla 4-2, correspondiente a la ruta 1 el viaje 25 resultó ser el ciclo representativo, obteniendo 0.141 de desviación con respecto a los demás viajes. Posteriormente se analizó el ciclo representativo de la ruta 1 que se obtuvo como se muestra en la ilustración 4-1.

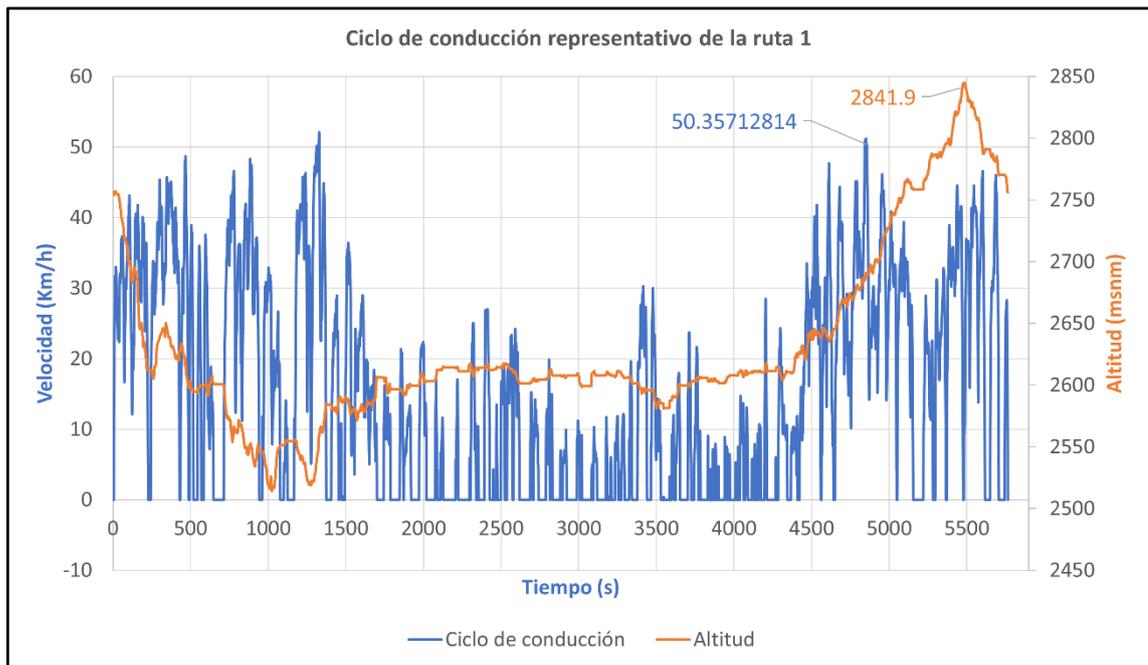


Ilustración 4-1: Ciclo de conducción representativo de la ruta 1

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

Se tiene 2 parámetros graficados en función del tiempo los cuales son la velocidad y la altitud, analizando podemos establecer que la velocidad en esta ruta alcanza picos máximos de 50 km/h aproximadamente y la altitud en el ciclo tuvo variaciones siendo la máxima 2841.9 msnm.

Los resultados en rueda del viaje 25 de la ruta 1 se especifican a continuación en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Resultados en rueda del vehículo en la ruta 1

RESULTADOS EN RUEDA		
Distancia total	24.328	[Km]
Velocidad máxima	51.372	[Km/h]
Velocidad promedio	22.897	[Km/h]
Aceleración máxima	2.01	[m/s ²]
Aceleración min	-2.97	[m/s ²]
Tiempo total	3824	[s]
Potencia máxima	71.328	[kW]
Torque máximo	8942.140	[Nm]
Energía positiva total	6.117	[kWh]
Energía negativa total	-4.552	[kWh]
% Regeneración	-74.412	[%]
Rendimiento	0.251	[kWh/Km]
Detenido	17.203	[%]

Velocidad constante	1.072	[%]
Aceleración	41.725	[%]
Desaceleración	40	[%]
TOTAL:	100	[%]

Realizado por: Iza. J, & Maza, K. 2023.

En la ruta 1 se obtuvo una distancia total de 24.33 km, una velocidad máxima de 51,37 km/h, la velocidad promedio fue de 22.89 km/h debido a que en las principales calles de la zona urbana de Ambato el tráfico vehicular es elevado. El tiempo total empleado en la ruta fue de 3824 segundos que es 1 hora con 3 minutos y 44 segundos para recorrer esta ruta.

El porcentaje de regeneración que se dio en la ruta fue de -74.41% , en kWh es de -4.55 este parámetro es importante al momento de evaluar la ruta en vehículos eléctricos.

En la tabla 4-4, se mostrará el requerimiento energético de las fuerzas que actúan en el ciclo de conducción.

Tabla 4-4: Energías requeridas en el ciclo ideal de la ruta 1

	Energía requerida [kWh]	Porcentaje [%]
Resistencia aerodinámica (Fd)	0.160	2.610
Resistencia a la rodadura (Rx)	0.555	9.080
Resistencia a la pendiente (Rg)	3.377	55.208
Resistencia a la inercia (Ri)	2.025	33.102
Energía total requerida en rueda	6.117	100

Realizado por: Iza. J, & Maza, K. 2023.

En la ruta 1 la mayor energía requerida en el vehículo es la resistencia a la pendiente con un valor de 3.37 kWh que representa el 55.20% total de la energía, esto nos indica que la mayor carga energética en el vehículo se debe a las diferencias de altitudes que existen en la ciudad de Ambato, los vehículos que circulen por esa ciudad necesitarán vencer esta resistencia a la pendiente.

4.2. Resultados de la ruta 2 urbana

Tabla 4-5: Energías demandadas en cada viaje de la ruta 2

Número de viajes	Energía				Total Energía	Sumatoria
	Fuerza resistencia a la aerodinámica (Fd)	Fuerza resistencia a la rodadura (Rx)	Fuerza de resistencia a la pendiente (Rg)	Fuerza resistencia a la inercia (Ri)		
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]
1	1.766	8.627	65.683	23.924	100	3.775
2	2.010	11.615	75.860	10.516	100	14.148
3	1.761	9.052	66.564	22.623	100	4.726
4	1.681	8.239	63.616	26.465	100	1.738
5	1.306	7.259	65.046	26.390	100	2.685
6	1.606	7.562	63.419	27.413	100	1.358
7	1.611	7.909	63.962	26.518	100	1.923
8	1.465	7.230	60.828	30.476	100	1.218
9	1.269	6.808	57.879	34.044	100	4.099
10	1.200	7.234	56.463	35.103	100	5.244
11	1.040	7.200	59.992	31.768	100	2.114
12	1.697	8.136	67.910	22.257	100	5.589
13	1.126	10.001	60.518	28.355	100	1.056
14	0.945	7.677	60.151	31.226	100	1.823
15	1.387	8.324	63.421	26.869	100	1.509
16	2.088	8.563	54.406	34.943	100	6.458
17	1.797	8.138	59.203	30.862	100	2.286
18	1.606	7.417	64.228	26.749	100	2.060
19	1.742	8.044	60.547	29.667	100	1.105
20	1.770	8.994	59.746	29.490	100	1.625
21	1.828	7.996	52.812	37.365	100	8.088
22	1.928	8.825	52.663	36.584	100	8.024
23	1.579	7.584	57.995	32.842	100	3.617
24	1.614	7.426	64.533	26.427	100	2.340
25	1.320	7.315	56.133	35.232	100	5.477
26	1.828	8.929	67.179	22.064	100	5.258
27	1.372	6.834	63.397	28.397	100	1.123
28	1.537	7.307	63.323	27.833	100	1.199
29	1.402	6.665	65.893	26.040	100	3.354
30	1.411	6.896	61.690	30.003	100	0.577

Realizado por: Iza, J. & Maza, K. 2023.

Tabla 4-6: Promedios de los porcentajes de energías demandadas de la ruta 2

Promedios de los porcentajes de energía demandada en rueda				Sumatoria de promedios
Fuerza resistencia a la aerodinámica Fd	Fuerza resistencia a la rodadura Rx	Fuerza de resistencia a la pendiente Rg	Fuerza resistencia a la inercia Ri	[%]
1.556	7.994	61.835	28.615	100
Factores de ponderación				
0.016	0.080	0.618	0.286	1

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

En la ruta 2 el viaje 30 resultó ser el ciclo representativo, obteniendo 0.577 de desviación con respecto a los demás viajes.

Posteriormente se analizó el ciclo de la ruta 2 que se obtuvo como se muestra en la ilustración 4-2.

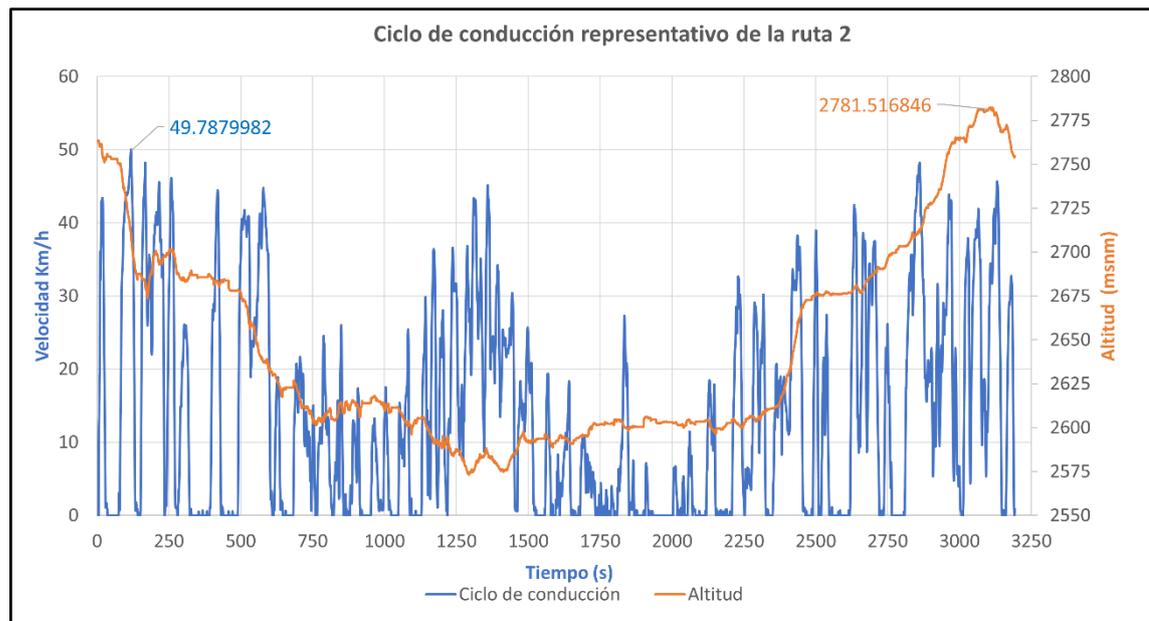


Ilustración 4-2: Ciclo de conducción representativo de la ruta 2

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

Se tiene 2 parámetros graficados en función del tiempo los cuales son la velocidad y la altitud, analizando la ilustración 4-2, se puede establecer que la velocidad en esta ruta alcanza picos máximos de 49.78 km/h aproximadamente y la altitud en el ciclo tuvo variaciones siendo la máxima 2781.51 msnm.

Los resultados en rueda del viaje 25 de la ruta 1 se especifican a continuación en la tabla 4-7.

Tabla 4-7: Resultados en rueda del vehículo en la ruta 2

RESULTADOS EN RUEDA		
Distancia total	12.052	[Km]
Velocidad máxima	50.004	[Km/h]
Velocidad promedio	13.584	[Km/h]
Aceleración máxima	4.56	[m/s²]
Aceleración min	-2.64	[m/s²]
Tiempo total	3193	[s]
Potencia máxima	137.145	[kW]
Torque máximo	7773.412	[Nm]
Energía positiva total	4.187	[kWh]
Energía negativa total	-3.398	[kWh]
% Regeneración	-81.169	[%]
Rendimiento	0.347	[kWh/Km]
Detenido	26.018	[%]
Velocidad constante	0.564	[%]
Aceleración	38.885	[%]
Desaceleración	34.534	[%]
TOTAL:	100	[%]

Realizado por: Iza, J., & Maza, K. 2023.

En la ruta 2 se obtuvo una distancia total de 12.05 km, una velocidad máxima de 50,00 km/h, la velocidad promedio fue de 13.58 km/h debido a que en las principales calles de la zona urbana de Ambato el tráfico vehicular es elevado, principalmente por la zona céntrica de la ciudad que es la que caracteriza a esta ruta. El tiempo total empleado en la ruta fue de 3193 segundos que es 53 minutos y 13 segundos para recorrer esta ruta.

El porcentaje de regeneración que se dio en la ruta fue de -81.16% , en kWh es de -3.39 este parámetro es importante al momento de evaluar la ruta en vehículos eléctricos.

En la tabla 4-8, se mostrará el requerimiento energético de las fuerzas que actúan en el ciclo de conducción.

Tabla 4-8: Energías requeridas en el ciclo ideal de la ruta 2

	Energía requerida [kWh]	Porcentaje [%]
Resistencia aerodinámica (Fd)	0.059	1.411
Resistencia a la rodadura (Rx)	0.289	6.896
Resistencia a la pendiente (Rg)	2.582	61.690
Resistencia a la inercia (Ri)	1.256	30.003
Energía total requerida en rueda	4.187	100

Realizado por: Iza, J., & Maza, K. 2023.

En la ruta 2 la mayor energía requerida en el vehículo es la resistencia a la pendiente con un valor de 2.58 kWh, que representa el 61.68% total de la energía, esto nos indica que la mayor carga energética en el vehículo se debe a las diferencias de altitudes que existen en la ciudad de Ambato, los vehículos que circulen por esa ciudad necesitaran vencer esta resistencia a la pendiente.

4.3. Resultados de la ruta 3 combinada

Tabla 4-9: Energías demandadas en cada viaje de la ruta 3

Número de viajes	Energía				Total Energía	Sumatoria
	Fuerza resistencia a la aerodinámica (Fd)	Fuerza resistencia a la rodadura (Rx)	Fuerza de resistencia a la pendiente (Rg)	Fuerza resistencia a la inercia (Ri)		
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
1	7.014	8.468	53.408	31.110	100	0.784
2	7.883	8.668	51.474	31.975	100	1.069
3	7.243	9.869	54.742	28.147	100	1.976
4	7.913	9.918	55.714	26.454	100	2.990
5	8.323	9.239	55.167	27.270	100	2.434
6	7.377	8.705	52.895	31.023	100	0.438
7	7.382	9.991	53.433	29.194	100	0.970
8	7.509	9.039	56.608	26.844	100	3.304
9	7.056	9.106	56.338	27.500	100	2.991
10	7.133	8.826	57.584	26.456	100	3.983
11	7.760	8.791	53.353	30.096	100	0.617
12	11.168	12.981	35.078	40.773	100	12.899
13	8.554	9.769	57.315	24.363	100	4.504
14	7.015	9.442	55.861	27.681	100	2.684
15	7.609	10.622	56.080	25.689	100	3.470
16	8.654	9.741	52.449	29.156	100	0.560
17	7.500	8.771	47.981	35.748	100	4.044
18	7.179	8.736	57.174	26.911	100	3.634
19	7.335	9.544	54.408	28.712	100	1.591
20	7.602	9.807	57.551	25.039	100	4.366
21	7.446	8.108	42.129	42.317	100	9.186
22	7.446	8.108	42.129	42.317	100	9.186
23	7.252	9.556	52.409	30.783	100	0.198

24	8.108	9.374	53.987	28.530	100	1.415
25	7.449	8.399	49.257	34.896	100	3.152
26	7.800	9.268	49.831	33.100	100	2.212
27	7.117	8.763	49.520	34.600	100	2.916
28	7.668	9.552	52.338	30.442	100	0.136
29	7.848	9.161	51.518	31.473	100	0.844
30	7.298	8.571	57.671	26.460	100	4.038

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

Tabla 4-10: Promedios de los porcentajes de energías demandadas de la ruta 3

Promedios de los porcentajes de energía demandada en rueda				Sumatoria de promedios
Fuerza resistencia a la aerodinámica Fd	Fuerza resistencia a la rodadura Rx	Fuerza de resistencia a la pendiente Rg	Fuerza resistencia a la inercia Ri	[%]
7.688	9.296	52.513	30.502	100
Factores de ponderación				
0.077	0.093	0.525	0.305	1

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

En la ruta 3 el viaje 28 resultó ser el ciclo representativo, obteniendo 0.136 de desviación con respecto a los demás viajes.

Posteriormente se analizó el ciclo de la ruta 3 que se obtuvo como se muestra en la ilustración 4-3.

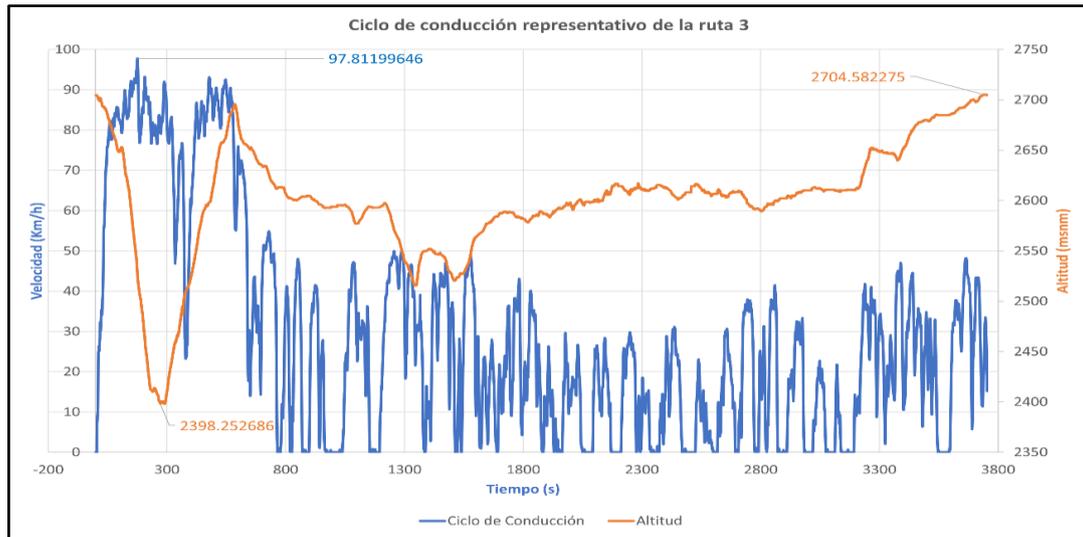


Ilustración 4-3: Ciclo de conducción representativo de la ruta 3

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

Se tiene 2 parámetros graficados en función del tiempo los cuales son la velocidad y la altitud, analizando la ilustración 4-3, se puede establecer que la velocidad en esta ruta alcanza picos máximos de 97.81 km/h aproximadamente y la altitud en el ciclo tuvo variaciones siendo la máxima 2704.58 msnm y la mínima de 2398.25 msnm.

Los resultados en rueda del viaje 25 de la ruta 1 se especifican a continuación en la tabla 4-11.

Tabla 4-11: Resultados en rueda del vehículo en la ruta 3

RESULTADOS EN RUEDA		
Distancia total	30.190	[Km]
Velocidad máxima	97.812	[Km/h]
Velocidad promedio	28.953	[Km/h]
Aceleración máxima	2.15	[m/s²]
Aceleración min	-2.76	[m/s²]
Tiempo total	3753	[s]
Potencia máxima	101.005	[kW]
Torque máximo	7822.440	[Nm]
Energía positiva total	7.575	[kWh]
Energía negativa total	-4.602	[kWh]
% Regeneración	-60.749	[%]
Rendimiento	0.251	[kWh/Km]
Detenido	15.530	[%]
Velocidad constante	1.012	[%]
Aceleración	44.166	[%]
Desaceleración	39.291	[%]
TOTAL:	100	[%]

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

En la ruta 3 se obtuvo una distancia total de 30.18 km, una velocidad máxima de 97,81 km/h debido a que esta ruta combina la zona urbana con el paso lateral de la ciudad, la velocidad promedio fue de 28.95 km/h. El tiempo total empleado en la ruta fue de 3753 segundos que es 1 hora 2 minutos y 33 segundos para recorrer esta ruta.

El porcentaje de regeneración que se dio en la ruta fue de -60.74 %, en kWh es de -4.60 este parámetro es importante al momento de evaluar la ruta en vehículos eléctricos.

En la tabla 4-12, se mostrará el requerimiento energético de las fuerzas que actúan en el ciclo de conducción.

Tabla 4-12: Energías requeridas en el ciclo ideal de la ruta 3

	Energía requerida [kWh]	Porcentaje [%]
Resistencia aerodinámica (Fd)	0.581	7.668
Resistencia a la rodadura (Rx)	0.724	9.552
Resistencia a la pendiente (Rg)	3.965	52.338
Resistencia a la inercia (Ri)	2.306	30.442
Energía total requerida en rueda	7.575	100

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

En la ruta 3 la mayor energía requerida en el vehículo es la resistencia a la pendiente con un valor de 3.96 kWh, que representa el 52.33% total de la energía, esto nos indica que la mayor carga energética en el vehículo se debe a las diferencias de altitudes que existen en la ciudad de Ambato, los vehículos que circulen por esa ciudad necesitaran vencer esta resistencia a la pendiente.

Tabla 4-13: Resultados en rueda del vehículo.

Parámetros	Ruta 1	Ruta 2	Ruta 3	Unidades
Distancia total	24.328	12.052	30.190	[Km]
Velocidad máxima	51.372	50.004	97.812	[Km/h]
Velocidad promedio	22.897	13.584	28.953	[Km/h]
Aceleración máxima	2.01	4.56	2.15	[m/s²]
Aceleración min	-2.97	-2.64	-2.76	[m/s²]
Tiempo total	3824	3193	3753	[s]
Potencia máxima	71.328	137.145	101.005	[kW]
Torque máximo	8942.140	7773.412	7822.440	[Nm]
Energía positiva total	6.117	4.187	7.575	[kWh]
Energía negativa total	-4.552	-3.398	-4.602	[kWh]
% Regeneración	-74.412	-81.169	-60.749	[%]
Rendimiento	0.251	0.347	0.251	[kWh/Km]
Detenido	17.203	26.018	15.530	[%]
Velocidad constante	1.072	0.564	1.012	[%]
Aceleración	41.725	38.885	44.166	[%]
Desaceleración	40	34.534	39.291	[%]

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

La tabla 4-13, es una tabla resumen de las 3 rutas donde se puede apreciar que la ruta 1 tiene una distancia total de 24.328 Km, la ruta 2 tiene 12.052 Km y por último la ruta 3 tiene 30.019 Km. La ruta 1 y 2 al ser rutas urbanas se puede evidenciar una velocidad máxima de aproximadamente 50 Km/h que es el límite de velocidad aceptado en zonas urbanas, en cambio, la ruta 3 tiene una

velocidad máxima 97 Km/h debido a que es una ruta combinada y comprende el paso lateral de la ciudad que su límite de velocidad es 100 Km/h.

Tabla 4-14: Energías requeridas en rutas.

Energías requeridas	RUTA 1		RUTA 2		RUTA 3	
	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]	[kWh]	[%]
Resistencia aerodinámica (Fd)	0.160	2.610	0.059	1.411	0.581	7.668
Resistencia a la rodadura (Rx)	0.555	9.080	0.289	6.896	0.724	9.552
Resistencia a la pendiente (Rg)	3.377	55.208	2.582	61.690	3.965	52.338
Resistencia a la inercia (Ri)	2.025	33.102	1.256	30.003	2.306	30.442
Energía total requerida en rueda	6.117	100	4.187	100	7.575	100

Realizado por: Iza, J, & Maza, K. 2023.

En la tabla 4-14, se tiene el resumen de las energías requeridas en rueda de cada ruta; la que obtuvo mayor demanda energética fue la ruta 3 de 7.575 kWh seguida de la ruta 1 que se obtuvo un requerimiento de 6.117 kWh y por último la ruta 2 que se obtuvo un requerimiento de 4.187 kWh, la diferencia de estas energías es por las condiciones de manejo, velocidades, tiempos, zona geográfica de las diferentes rutas y a su vez se puede corroborar que la energía que tiene mayor demanda en todas estas rutas fue la resistencia a la pendiente que en porcentaje supera el 50% del total de porcentaje de cada viaje.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la presente investigación, se puede concluir que:

5.1. Conclusiones

- Se definió 3 rutas urbanas representativas de la ciudad de Ambato mediante información proporcionada por el GAD municipal y Google Maps de las cuales dos son urbanas y una es combinada.
- Se estableció un protocolo de prueba tomando en consideración las principales variables para la instrumentación como el dispositivo ELM 327 OBD II y la aplicación Torque Pro, para la toma de datos se seleccionó velocidad, altitud, longitud, latitud entre otros del vehículo.
- Se realizó el experimento basándose en el protocolo de prueba para obtener los datos del ciclo de conducción, para lo cual se realizó 30 viajes por cada ruta.
- Se analizó los datos a partir de un modelo estadístico conocido como máximas y mínimas diferencias ponderadas para definir los ciclos de conducción representativos de las 3 rutas propuestas en la ciudad de Ambato. Se obtuvo el ciclo de conducción característico en el viaje 25 el representativo de la ruta 1 urbana obteniendo 0.141 de desviación, para la ruta 2 urbana fue el viaje 30 obteniendo 0.577 de desviación y por último el viaje 28 para la ruta 3 combinada obteniendo 0.136 de desviación con respecto a los demás viajes. En las 3 rutas la energía que más se requiere en el vehículo es la resistencia a la pendiente con un valor de 3.37 kWh que representa el 55.20 % de todas las energías requeridas en el ciclo de la ruta 1, en la ruta 2 el valor es de 2.58 kWh que representa el 61.68% total de la energía, en la ruta 3 el valor es de 3.96 kWh que representa el 52.33% total de la energía, esto nos indica que la mayor carga energética en el vehículo se debe a las diferencias de altitudes que existen en la ciudad de Ambato, los vehículos que circulen por esa ciudad necesitaran vencer esta resistencia a la pendiente.

5.2. Recomendaciones

- La recolección de datos en el vehículo se debe realizar con el mismo conductor todo el tiempo ya que la forma de conducir y reacciones es diferente entre conductores.
- Al momento de obtener los datos en ruta del vehículo mantener una conducción regular para al momento de analizarlos no obtener datos atípicos entre cada viaje.
- Respetar las señales de tránsito y los límites de velocidad con el fin de obtener datos similares entre viajes.
- Se recomienda que el vehículo se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento tanto mecánico y eléctrico para garantizar el levantamiento de información de una manera óptima.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ASTUDILLO BRAVO, Rómulo Fernando, & CORDERO MORENO, Daniel Guillermo.** Obtención de ciclos de conducción para la flota de buses urbanos del cantón Cuenca [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2016. [Consulta: 2023-06-12]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6145/1/12407.pdf>
2. **CALVA MONTOYA, Roberto Carlos, & FLORES DÍAZ, Andrés Eduardo.** Obtención del ciclo de conducción urbano para la ciudad de Riobamba en horas pico y no pico mediante la recolección de datos de los factores de operación y consumo energético obtenido por un dispositivo OBD II. [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz. Riobamba-Ecuador. 2020. p.4 [Consulta: 2023-05-16]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/13823/1/65T00342.pdf>
3. **CHARLIE, Constant, & Romain, Nicolas.** *The different driving cycles* [blog]. [Consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>
4. **DÁVALOS FIGUEROA, Danilo Santiago.** Obtención de un ciclo típico de conducción para los vehículos de la unión de taxistas del Azuay. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad del Azuay. Cuenca-Ecuador. 2017. p.2 [Consulta: 2023-05-16]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7274/1/13217.pdf>
5. **DUQUE SARMIENTO, Diego Andrés, & ROCANO YUNGA, Jaime Andrés.** Determinación de la autonomía del vehículo eléctrico mediante ciclos controlados [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2018. pp. 20-23. [Consulta: 2023-05-12]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15067/1/UPS-CT007435.pdf>
6. **EMADI, ALI.** *Advanced Electric Drive Vehicles*. Ontario-Canada: CRC Press, 2014, pp. 15-17
7. **ESPIMBERA MORALES, David Daniel.** Estudio de los ciclos de conducción para determinar parámetros de manejo en condiciones reales de operación mediante la metodología mirco-trip. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias, Carrera de Ingeniería

Automotriz. Santo Domingo de los Tsáchilas-Ecuador. 2018. p.1 [Consulta: 2023-05-16].
Disponible en:
https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/20099/1/9710_1.David%20Espimbera.pdf

8. **GÓMEZ DE LAS HERAS, Borja Pintos.** Desarrollo de una metodología para generación de ciclos de conducción representativos del tráfico real urbano. Aplicación para medida de emisiones en banco de rodillos. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Madrid-España. 2011. Disponible en: https://oa.upm.es/9437/2/PFC_Borja_Pintos_Gomez_de_las_Heras.pdf
9. **HURTADO GÓMEZ, Alejandro.** Desarrollo de ciclos de conducción para el área metropolitana centro OCCIDENTE-AMCO [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. 2016. pp. 20-23. [Consulta: 2023-05-12]. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/678968ea-8824-461b-871c-9a28e5141655/content>
10. **JIMÉNEZ ALONSO, Felipe; et al.** “Determinación de ciclos de conducción en rutas urbanas fijas”. *Dyna Ingeniería e Industria* [en línea], 2013, [España] 88, pp. 681-688. [Consulta: 17 mayo 2023]. ISSN 0012-7361. Disponible en: <https://doi.org/10.6036/575>
11. **MOLINA NEIRA, Fausto Damián & TORRES GALVÁN, Julio César.** Determinación del ciclo típico de conducción de una bicicleta en las ciclovías de la ciudad de Cuenca [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Escuela de Ingeniería Automotriz. Cuenca-Ecuador. 2016. p.1 [Consulta: 2023-05-16]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6350/1/12518.pdf>
12. **MONTÚFAR PAZ, PAÚL; et al.** “Análisis de representatividad de ciclos de conducción contruidos a partir de potencia específica vehicular y consumo de energía basado en micro viajes”. *Polo del conocimiento* [en línea], 2021, (Ecuador) 6 (7), pp. 979-1002. [Consulta: 31 mayo 2023]. ISSN 2550-682X. Disponible en: 10.23857/pc.v6i7.2902
13. **PÉREZ LLANOS, Pablo Santiago, & QUITO SINCHI, Christian Oswaldo.** Determinación de los ciclos de conducción de un vehículo categoría M1 para la ciudad de Cuenca [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2018. pp. 20-23. [Consulta: 2023-05-12]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15032/1/UPS-CT007421.pdf>

14. **PLAZA GUERRERO, José Manuel.** Elaboración de un algoritmo para la construcción de ciclos de conducción [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad Mecánica, Escuela de Ingeniería automotriz, Riobamba, Ecuador. 2021. pp. 3. [Consulta: 2023-05-16]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16011/1/65T00403.pdf>

15. **QUINCHIMBLA PISUÑA, Freddy Eduardo, & SOLÍS SANTAMARÍA, Javier Milton.** Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo otto en el distrito metropolitano de Quito. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. 2017. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17000/1/CD-7578.pdf>

16. **SARANGO SANCHEZ, Bryan Jose, & BENAVIDES PRADO, Richard Antonio.** Automatización de la construcción de un ciclo de conducción en base a la recolección de datos de funcionamiento del vehículo en tiempo real [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz. Riobamba-Ecuador. 2021. [Consulta: 2023-05-23]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16021/1/65T00408.pdf>

17. **TONG, H; et al.** “Development of a driving cycle for Hong Kong”. *Pergamon Atmospheric Environment* [en línea], 1999, (Hong Kong) 33, pp. 2323-2335. [Consulta: 16 mayo 2023]. ISSN 1352-2310. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00074-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00074-6)

ANEXOS

ANEXO A: CHECK LIST DE LA PICK UP CHEVROLET LUV DMAX

Marca: <i>Chevrolet</i>	Modelo: <i>Luv D'max</i>	Año: <i>2012</i>
Motor: <i>43H1-TC</i>	Cilindraje: <i>3.0</i>	Kilometraje: <i>240 535 Km</i>
Supervisor: <i>Javier Solís</i>	Conductor: <i>Kevin Maza</i>	Fecha: <i>05/04/2023</i>

PARTE INTERNA	B	ME	NA	ESTADO DE LLANTAS Y FRENOS	B	ME	NA
Estado de tableros/indicadores operativos	X			Llanta delantera derecha	X		
Freno de mano o parqueo	X			Llanta delantera izquierda	X		
Freno de servicio	X			Llanta posterior derecha	X		
Cinturón de seguridad chofer	X			Llanta posterior izquierda	X		
Cinturón de seguridad copiloto	X			Pastillas de freno delanteras	X		
Dirección de vehículo	X			Zapatillas de freno posterior	X		
OTROS	B	ME	NA				

SISTEMA DE LUCES	B	ME	NA	PARTE EXTERNA	B	ME	NA
Luz delantera alta	X			Parabrisa delantero	X		
Luz delantera baja	X			Parabrisa posterior	X		
Luz intermitente delantera (Direccional)	X			Limpia parabrisa	X		
Luces de emergencia delantera	X			Bomba limpia parabrisa	X		
Luces neblineras	X			Espejo lateral derecho	X		
Luz posterior	X			Espejo lateral izquierdo	X		
Luz de freno posterior	X						
Luz intermitente posterior (Direccional)	X						

Leyenda

B: Bueno

ME: Mal Estado

NA: No Aplica

Observaciones



CONDUCTOR



SUPERVISOR



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 18/ 01 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: JOSÉ MANUEL IZA CEDEÑO KEVIN SANTIAGO MAZA UCHUARI
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
Título a optar: INGENIERO AUTOMOTRIZ
 Ing. Javier Milton Solís Santamaría Director del Trabajo de Titulación  Ing. Milton Israel Quinga Morales Asesor del Trabajo de Titulación