



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DETERMINACIÓN DEL CICLO REAL DE CONDUCCIÓN DE UN
AUTOBÚS DE SERVICIO URBANO EN LA CIUDAD DE LOJA
PARA LA EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

JOSÉ DANIEL GUAILLAS PAQUI
PAÚL ANDRÉS SAMANIEGO MARÍN

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DETERMINACIÓN DEL CICLO REAL DE CONDUCCIÓN DE UN
AUTOBÚS DE SERVICIO URBANO EN LA CIUDAD DE LOJA
PARA LA EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA.**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: JOSÉ DANIEL GUAILLAS PAQUI

PAÚL ANDRÉS SAMANIEGO MARÍN

DIRECTOR: ING. JAVIER MILTON SOLÍS SANTAMARÍA, MSc.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, José Daniel Guillas Paqui & Paúl Andrés Samaniego Marín

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 Daniel Guailas Paqui & Paúl Andrés Samaniego Marín, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi 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, 24 de junio 2024



José Daniel Guailas Paqui

C.I: 190073086-0



Paúl Andrés Samaniego Marín

C.I: 070511758-8

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, **DETERMINACIÓN DEL CICLO REAL DE CONDUCCIÓN DE UN AUTOBÚS DE SERVICIO URBANO EN LA CIUDAD DE LOJA PARA LA EVALUACIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA**, realizado por los señores: **JOSÉ DANIEL GUAILLAS PAQUI & PAÚL ANDRÉS SAMANIEGO MARÍN**, 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.

	FECHA
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 2024-06-24
Ing. Javier Milton Solís Santamaria DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 2024-06-24
Ing. Ángel José Quevedo Ríos ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 2024-06-24

DEDICATORIA

A mis padres, Miguel Guailas y María Paqui por su apoyo incondicional en la parte económica y moral. A mi hermana Anita Lucia y a todos mis hermanos por su apoyo, cariño y amistad en esta etapa de mi vida, dedico este trabajo de titulación que es el resultado de esfuerzo y perseverancia de la profesión que me apasiona. Ustedes son y serán una inspiración y motivación en mi vida, espero que este logro refleje el amor que tengo a cada uno de ustedes y la importancia de la familia que somos.

José

El presente trabajo de titulación está dedicado en primer lugar a Dios, quien ha sido mi compañero constante a lo largo de mi vida. También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, quienes me inculcaron valores y siempre estuvieron a mi lado, brindándome un apoyo incondicional. Por último, mi agradecimiento se extiende a todas las personas que contribuyeron a mi formación académica: profesores, amigos y aquellos que pusieron su granito de arena para hacer posible este logro.

Paúl

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por la vida y salud que me ha brindado. A toda mi familia por el apoyo y gratitud incondicional. A los ingenieros Javier Solís y Ángel Quevedo por la guía y enseñanza de sus conocimientos. A mis amigos y compañero de tesis por el respaldo para la realización de este trabajo. Con cariño gracias a todos.

José

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres y hermano, quienes han sido fundamentales en este sueño. Aprecio su confianza y creencia en cada paso que he dado a lo largo de este trayecto, así como los valores y principios que me han inculcado, guiándome hasta alcanzar el punto en el que me encuentro. A mis amigos Jonathan, Geovanny, los cuales he compartido momentos buenos y malos, a mi compañero de tesis por el apoyo a la realización de presente trabajo; y alguien muy especial para mí Amarilis gracias por su apoyo, consejo, lealtad y compañía, siempre seremos un equipo.

Paúl

ÍNDICE DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1.	DIAGNOSTICO DE PROBLEMA.....	2
1.1.	Planteamiento del problema.....	2
1.2.	Justificación.....	2
1.3.	Objetivos.....	3
1.3.1.	<i>Objetivo General</i>	3
1.3.2.	<i>Objetivo Específico</i>	3

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.	Ciclos de conducción.....	4
2.2.	Objetivo de los ciclos de conducción.....	4
2.3.	Ciclos de conducción en Estados Unidos.....	4
2.4.	Ciclo de conducción Europeo.....	5
2.4.1.	<i>Ciclo de conducción New European Driving Cycle (NEDC)</i>	5
2.4.2.	<i>Ciclo de conducción ARTEMIS</i>	6
2.5.	Ciclo de conducción Hong Kong.....	8
2.6.	Ciclos de conducción en Japón.....	8
2.6.1.	<i>Ciclo Modo 10-15</i>	8
2.6.2.	<i>Ciclo JC08</i>	9
2.7.	Ciclo de conducción en el Ecuador.....	10
2.8.	Metodología para realizar ciclos de conducción.....	12
2.8.1.	<i>Técnicas de levantamiento de datos</i>	12
2.8.1.1.	<i>Técnica On-Board</i>	12
2.8.1.2.	<i>Técnica persecución del vehículo</i>	12

2.8.2.	<i>Ventajas y desventajas</i>	13
2.9.	Métodos para la selección de rutas representativas	14
2.10.	Dispositivos de diagnóstico automotriz OBDII	14
2.11.	APK móviles compatibles con interfaz OBD II	15

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	17
3.1.	Metodología	17
3.1.1.	<i>Método Directo</i>	17
3.1.2.	<i>Método Inductivo</i>	17
3.1.3.	<i>Método Experimental</i>	17
3.2.	Protocolo para el desarrollo del ciclo de conducción	18
3.2.1.	<i>Selección de rutas</i>	18
3.2.1.1.	<i>Elevación de la ruta L11</i>	24
3.2.2.	<i>Selección de vehículo de análisis.</i>	24
3.2.3.	<i>Instrumentación de equipos</i>	25
3.2.3.1.	<i>ELM 327</i>	25
3.2.3.2.	<i>Torque Pro</i>	26
3.2.4.	<i>Selección de parámetros</i>	26
3.2.4.1.	<i>Masa de autobús</i>	26
3.2.4.2.	<i>Radio dinámica del Autobús</i>	27
3.2.4.3.	<i>Área frontal del Autobús</i>	27
3.2.5.	<i>Levantamiento de datos</i>	28
3.2.6.	<i>Análisis estadístico de los datos</i>	29
3.2.6.1.	<i>Análisis por promedios ponderadas</i>	29
3.2.6.2.	<i>Modelo de la dinámica longitudinal del autobús</i>	30
3.2.6.3.	<i>Resistencia aerodinámica</i>	31
3.2.6.4.	<i>Resistencia a la pendiente</i>	31
3.2.6.5.	<i>Resistencia a la rodadura</i>	32

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS	33
4.1.	Gráfica de altitud y latitud	33
4.2.	Energías demandadas en rueda	33

4.3.	Promedios de los porcentajes de energía demandada en rueda	35
4.4.	Obtención del ciclo ideal de conducción	36
4.5.	Perfil de Pendiente del ciclo típico	39

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
	CONCLUSIONES.....	40
	RECOMENDACIONES.....	41

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Características del ciclo NEDC.....	6
Tabla 2-2:	Características de los ciclos ARTEMIS.....	8
Tabla 2-3:	Características del ciclo MODO 10-15.....	9
Tabla 2-4:	Características del ciclo JC08.....	10
Tabla 2-5:	A continuación, describiremos las ventajas y desventajas de la técnica On-Board y técnica Persecución de vehículo	13
Tabla 2-6:	Dispositivos de diagnóstico automotriz OBD II.....	15
Tabla 2-7:	APKs.....	16
Tabla 3-1:	Líneas de buses Consorcio Ciudad de Loja.....	20
Tabla 3-2:	Paradas establecidas de la L11.....	23
Tabla 3-3:	Especificaciones del autobús.....	25
Tabla 3-4:	Parámetros del autobús.....	27
Tabla 4-1:	Energías demandadas en rueda de cada viaje de la L11.....	34
Tabla 4-2:	Energía adecuado para el ciclo ideal de conducción.....	35
Tabla 4-3:	Promedio de los porcentajes de energía demandada.....	35
Tabla 4-4:	Parámetros de resultados en rueda.....	37
Tabla 4-5:	Energías de las fuerzas que actúan en el ciclo ideal de conducción.....	38

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: FTP (Federal Test Procedure).....	5
Ilustración 2-2: Ciclo de conducción NEDC.....	6
Ilustración 2-3: Ciclo urbano ARTEMIS.....	7
Ilustración 2-4: Ciclo rural ARTEMIS.....	7
Ilustración 2-5: Ciclo en carretera ARTEMIS.....	7
Ilustración 2-6: Ciclo MODO 10-15.....	9
Ilustración 2-7: Ciclo JC08.....	10
Ilustración 2-8: Ciclo de conducción en ciudad del DMQ.....	11
Ilustración 2-9: Ciclo de conducción en carretera del DMQ.....	11
Ilustración 2-10: Ciclo de conducción combinado del DMQ.....	11
Ilustración 3-1: Protocolo para la obtención de ciclos de conducción.....	18
Ilustración 3-2 Parroquias urbanas de la ciudad de Loja.....	19
Ilustración 3-3: Mapa Loja.....	19
Ilustración 3-4: Trafico de Loja, horario de 6:30 am - 9:30 am. Fuente: Google Maps, 2024	21
Ilustración 3-5: Trafico de Loja, horario de 11:30 am - 13:30 pm. Fuente: Google Maps, 2024	21
Ilustración 3-6: Trafico de Loja, horario de 17:30 pm - 19:30 pm.....	22
Ilustración 3-7: Ruta L11 (Bolonía – Tierras Coloradas).....	22
Ilustración 3-8: Perfil de elevación de la ruta L11.....	24
Ilustración 3-9: Área frontal Autobús.....	28
Ilustración 3-10: Diagrama de cuerpo libre de un autobús.....	30
Ilustración 4-1: Latitud vs Longitud.....	33
Ilustración 4-2: Ciclo tipo de conducción de buses urbanos de la ruta L11 (Tierras Coloradas, Bolonia), Loja.....	36
Ilustración 4-3: Porcentaje de demanda de energía en rueda del autobús.....	38
Ilustración 4-4: Pendiente.....	39

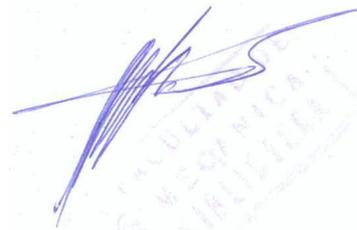
ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** L11 DEL CONSORCIO DE LA CIUDAD DE LOJA (VISTA FRONTAL)
- ANEXO B:** L11 CONSORCIO DE LA CIUDAD DE LOJA (VISTA LATERAL)
- ANEXO C:** ESPECIFICACIONES DE RUEDA DE AUTOBUSES DEL CONSORCIO DE LA CIUDAD DE LOJA
- ANEXO D:** FICHA TÉCNICA DEL MODELO DE AUTOBÚS AK8JRSA

RESUMEN

En Ecuador las diferentes zonas demográficas influyen en el desempeño vehicular de los autobuses principalmente por la variación de altitud que existe en todas las ciudades, la llegada de nuevos modelos de vehículos no incluye información necesaria sobre el consumo energético y emisiones contaminantes que emanan en diferentes sectores. El objetivo del presente proyecto técnico fue determinar el ciclo real de conducción de un autobús de servicio urbano en la ciudad de Loja mediante el análisis con mínimas diferencias ponderadas para estimar el consumo de energía, basándonos en un método directo mediante la persecución del autobús; se seleccionó una instrumentación adecuada para simular la forma de conducir del autobús designado y recopiló parámetros necesarios como: altitud, velocidad, longitud, latitud y rpm; posteriormente se realizó una evaluación estadística mediante mínimas diferencias ponderadas basándonos en el consumo energético del autobús destinando una ruta fija del Consorcio de autobuses de la “Ciudad de Loja” contemplando zona urbana y rural de la ciudad, que conecta a los usuarios a sus estudios, trabajos y vida social. Mediante este análisis metodológico se obtuvo el ciclo típico de conducción de la ruta fija establecida, la cual se realizó una muestra de 35 viajes seleccionando la media de todos los viajes mediante promedios ponderados, este ciclo real de conducción nos ayudara en la homologación de vehículos que ingresen a la ciudad. Concluyendo que la energía más demandante que tiene el ciclo de conducción es vencer la resistencia a la pendiente con un valor de 26,90 kWh, lo que representa el 56,20%, este porcentaje se obtiene por el desnivel geográfico que existe en la ciudad.

Palabras clave: < CICLOS REAL DE CONDUCCIÓN > < CONSUMO ENERGÉTICO >
<DESEMPEÑO VEHICULAR > < PARÁMETROS DE CONDUCCIÓN> < EMISIONES
CONTAMINANTES>



0975-DBRA-UPT-2024

ABSTRACT

In Ecuador, the different demographic zones influence the buses vehicle performance mainly due to the altitude variation that exists in all cities. The arrival of new vehicle models does not include the necessary information on energy consumption and pollutant emissions that emanate in different sectors. The objective of this technical project was to determine the real driving cycle of an urban service bus in Loja city through the analysis with minimum weighted differences to estimate the energy consumption, based on a direct method by chasing the bus; a suitable instrumentation was selected to simulate the way of driving the designated bus and collected necessary parameters such as: altitude, speed, longitude, latitude and rpm. Subsequently, a statistical evaluation was carried out by means of minimum weighted differences based on the energy consumption of the bus destined for a fixed route of Consortium of buses "Ciudad de Loja" contemplating urban and rural area of the city, which connects the users to their studies, jobs and social life. By means of this methodological analysis, the typical driving cycle of the established fixed route was obtained. A sample of 35 trips was made, selecting the average of all trips by means of weighted averages; this real driving cycle will help us in the homologation of vehicles entering the city. Concluding that the most demanding energy that has the driving cycle is to overcome the resistance to the slope with a value of 26,90 kWh, which represents 56,20%, this percentage is obtained by the geographical unevenness that exists in the city.

Key words: < REAL DRIVING CYCLES > < ENERGY CONSUMPTION > < VEHICULAR PERFORMANCE > < DRIVING PARAMETERS> < POLLUTANT EMISSIONS>.



Lic. Sandra Paulina Porrás Pumalema MsC

C.I. 0603357062

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de titulación curricular “Determinar el ciclo real de conducción de un autobús de servicio urbano en la ciudad de Loja mediante el análisis con mínimas diferencias ponderadas para estimar el consumo de energía.” Obtendremos el ciclo real de conducción para autobuses urbanos de esta ciudad. Para cumplir con este objetivo se analizarán las diferentes rutas que circulan a diario estos autobuses, enfocándonos en calles y avenidas de mayor afluencia vehicular, distancia de la ruta, paradas establecidas de la ruta, cobertura de la ruta (Zona urbana y rural de la ciudad). Mediante una instrumentación implementada en el vehículo destinado, obtendremos parámetros reales de manejo de estos autobuses, y se procede al análisis con un método estadístico llamado mínimas diferencias ponderadas, para luego determinar el ciclo típico de conducción de la ruta que se tomó de la ciudad de Loja, basándonos en el consumo de energía de rueda.

Las entidades públicas destinadas a la homologación de vehículos en el Ecuador son la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). Las cuales no consideran todos los parámetros necesarios al momento de la homologación del parque automotor que ingresa al país. El Ecuador al contar con regiones como: Costa, Sierra y Oriente las altitudes que atraviesan cada una de estas regiones; el desempeño vehicular varía por ello los ciclos de conducción serían una buena alternativa para solventar este problema.

Este Documento está dividido en 5 capítulos. El Capítulo I describe el planteamiento del problema, justificación, objetivos del tema al solventar. El Capítulo 2 se enfoca en fundamentación teórica, como ciclos desarrollados fuera y dentro del país, métodos utilizados, instrumentación necesaria y modelos estadísticos utilizados. El Capítulo 3 detalla la metodología empleada en este proyecto técnico, donde incluye un diagrama de flujo del proceso que se debe llevar a cabo en la investigación, también datos técnicos del autobús, modelo dinámico del autobús y fórmulas que nos ayudaran a obtener el rendimiento energético de la rueda mediante un modelo estadístico llamado mínimas diferencias ponderadas. El Cuarto capítulo se demuestra los resultados obtenidos de la problemática al resolver, obteniendo el ciclo típico de conducción de autobuses de la ciudad de Loja basándonos en el consumo energético de la rueda que servirá para futuras investigaciones ya que el parque automotor es radicalmente cambiante y apunta a nuevas tecnologías. El quinto capítulo se detallan las conclusiones y recomendaciones del tema que se resolvió.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DE PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Los ciclos de conducción han estado inmersos en la industria automotriz especialmente en entornos urbanos, presentando desafíos significativos en términos de eficiencia energética y emisiones contaminantes de los autobuses. El territorio ecuatoriano está comprendido por diferentes zonas demográficas tales como: costa, sierra, oriente e insular por lo cual los autobuses varían su desempeño por la diferencia de altitud que existe en el Ecuador.

La forma en que los conductores operan este tipo de vehículos y las condiciones de tráfico son variables y pueden afectar drásticamente el consumo de combustible, las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes locales. Los autobuses suelen estar diseñados para un rendimiento óptimo en condiciones ideales de conducción, como carreteras despejadas y velocidades constantes.

En la ciudad de Loja no existe un estudio que ayude en la homologación de autobuses en función a ciclos de conducción. Al no contar con esta homologación será imposible la obtención de datos para el análisis de parámetros reales de funcionamiento que reflejen la forma típica y regularidad de conducir.

1.2. Justificación

Un ciclo de conducción se define como una secuencia de datos de velocidad versus tiempo, que representa los patrones de manejo que enfrentan los autobuses en situaciones de tráfico congestionado y una variedad de condiciones de operación que no son tomadas en cuenta.

En la ciudad de Loja se implementara ciclos de conducción en una zona urbana para autobuses considerando los patrones de manejo que tiene los conductores en una población, por ello tomamos en cuenta la recolección de datos de una ruta fija en la ciudad de Loja mediante el método de persecución, para aplicar un modelo estadístico que ayudará a determinar el consumo energético de un autobús de servicio urbano y crear una base de investigación para futuros proyectos destinados a brindar soluciones que ayude a conocer el consumo real de combustible

de estos vehículos, ya que en el Ecuador el cambio de altura es muy variado y son de gran importancia evaluar estos vehículos que ingresan al parque automotor ecuatoriano.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar el ciclo real de conducción de un autobús de servicio urbano en la ciudad de Loja mediante el análisis con mínimas diferencias ponderadas para estimar el consumo de energía.

1.3.2. Objetivo Específico

- Analizar la ruta real de conducción de un autobús en la ciudad de Loja para obtener un ciclo propio de conducción.
- Establecer un protocolo de prueba tomando en cuenta los principales factores de operación del dispositivo y los datos obtenidos del vehículo.
- Interpretar los datos obtenidos del dispositivo basándose de un modelo estadístico para establecer el ciclo representativo en la ciudad de Loja.
- Estimar el consumo de energía en rueda de autobuses en una ruta de servicio urbano.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Ciclos de conducción

Un ciclo de conducción es la metodología más comúnmente empleada para llevar a cabo pruebas de homologación que evalúan los niveles de consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes antes de lanzar un vehículo al mercado.

2.2. Objetivo de los ciclos de conducción.

Tiene como objetivo establecer un estándar normativo y representativo de las condiciones de manejo, con el fin de evaluar como los vehículos se desempeñan en términos de eficiencia de combustible y emisiones contaminantes. Los ciclos de conducción sirven como instrumento de medición que facilitan la comparación y el análisis del rendimiento de vehículos en condiciones simuladas de conducción.

2.3. Ciclos de conducción en Estados Unidos

Los ciclos de conducción en los Estados Unidos se consideran uno de los más importantes del mundo así que, fue denominado como Federal Testing Procedure (FTP) que significa Procedimiento Federal de Pruebas. Estos ciclos son de carácter oficial, por lo que su creación fue motivo para brindar un mayor control en las emisiones de efecto invernadero y en la economía del combustible de los automóviles. El Federal Testing Procedure (FTP) se dividen en: FTP 72 y FTP 75, por lo cual el FTP 72 tiene dos fases, en arranque en frío que dura 505 segundos y la segunda que se estabiliza en frío que dura 867 segundos, al culminar con esta prueba le toma de tiempo 1369 segundos. En cambio, para el FTP 75 para culminar su prueba le toma un tiempo total de 1874 segundos como se muestra en la ilustración 2-1 (Hurtado, 2014, p4-5).

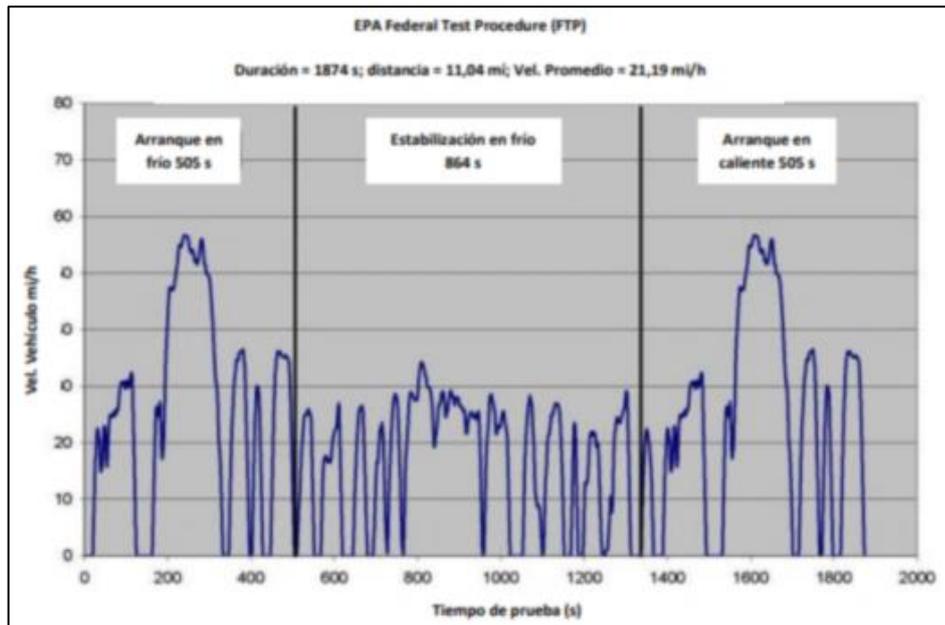


Ilustración 2-1: FTP (Federal Test Procedure)

Fuente: (Hurtado, 2014)

2.4. Ciclo de conducción Europeo

En Europa los investigadores de la marca Volkswagen realizaron un análisis para adaptar el ciclo FTP 75 en las condiciones de tráfico variable europea. Por lo tanto, se realizaron comparaciones entre el europeo y americano, en donde se obtuvieron datos reales de automóviles en lugares diferentes como en: Francia, Inglaterra, Italia y Alemania. Los datos que fueron obtenidos los analizaron y estos permitieron una relación de los resultados como son la frecuencia de paradas, el tiempo y la longitud del recorrido. Con esta investigación los investigadores concluyen que el ciclo de los Estados Unidos es inoportuno para la mayoría de los resultados observados. La velocidad constante también es elevada, y la proporción de tiempo de conducción con el total de ciclos no se asemeja a los resultados obtenidos con los datos reales. Sin embargo, el FTP 72 tiene una semejanza a las condiciones en las ciudades de Europa (Quinchimbla y Solís, 2017, p6-7).

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

El NEDC se emplea como ciclo estándar para la homologación de automóviles hasta la normativa Euro 6 en Europa y en varios países. Se compone de una sección urbana llamada ECE, que se repite en cuatro ocasiones y en una sección extraurbana conocida como EUDC, se muestra en la ilustración 2-2 (Charlie y Romain, 2013).

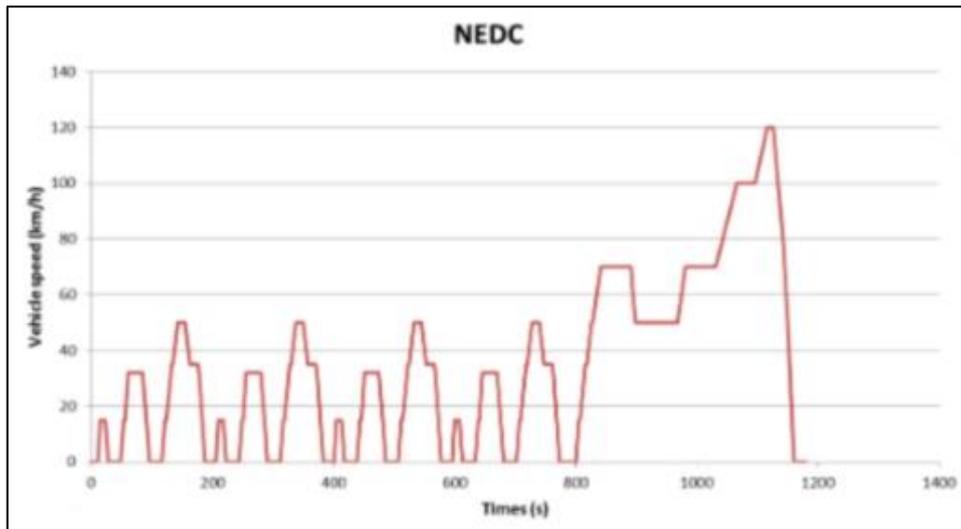


Ilustración 2-2: Ciclo de conducción NEDC.

Fuente: Charlie y Romain, 2013.

Los expertos reprochan a este ciclo debido a su falta de representación de las condiciones reales de conducción. De hecho, las aceleraciones son exageradamente suaves, por lo que existen numerosos periodos de velocidad constante y varios momentos de inactividad, las características principales del ciclo se muestran en la tabla 2.1. Esto hace que sea difícil obtener datos que reflejen con precisión el rendimiento del automóvil en situaciones reales de conducción. Por tal razón, las mismas autoridades europeas están buscando una solución para sustituir el NEDC. Se espera que el nuevo ciclo conocido como Procedimiento Mundial Armonizado de Ensayo de Vehículos Ligeros (WLTP), será introducido posiblemente en la próxima norma Euro 7.

Tabla 2-1: Características del ciclo NEDC.

Distancia	11,023 km
Duración	1 180 s
Velocidad Promedio	33,6 km/h

Fuente: Charlie y Romain, 2013.

2.4.2. Ciclo de conducción ARTEMIS

Este ciclo procede de un análisis estadístico que se llevó a cabo en Europa como parte del proyecto Artemis. Los fabricantes de automóviles utilizan estos ciclos con el fin de comprender de manera más precisa las condiciones de conducción reales. Consiste en 3 modalidades distintas, no obstante, se incorpora una variante adicional, se puede observar en las siguientes ilustraciones 2.3, 2.4 y 2.5 y en la tabla 2.2: el ciclo en entornos urbanos, rural, autopista 130 km y a 150km (Charlie y Romain, 2013).

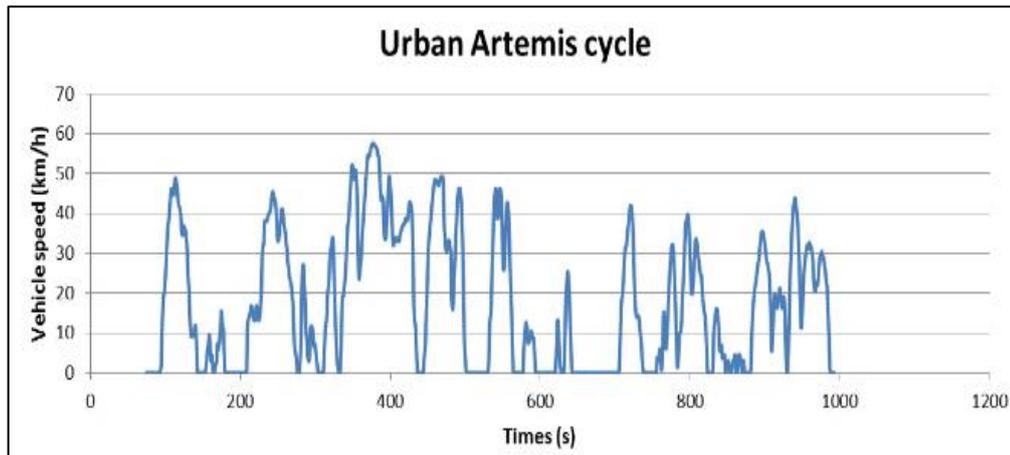


Ilustración 2-3: Ciclo urbano ARTEMIS.

Fuente: Charlie y Romain, 2013.

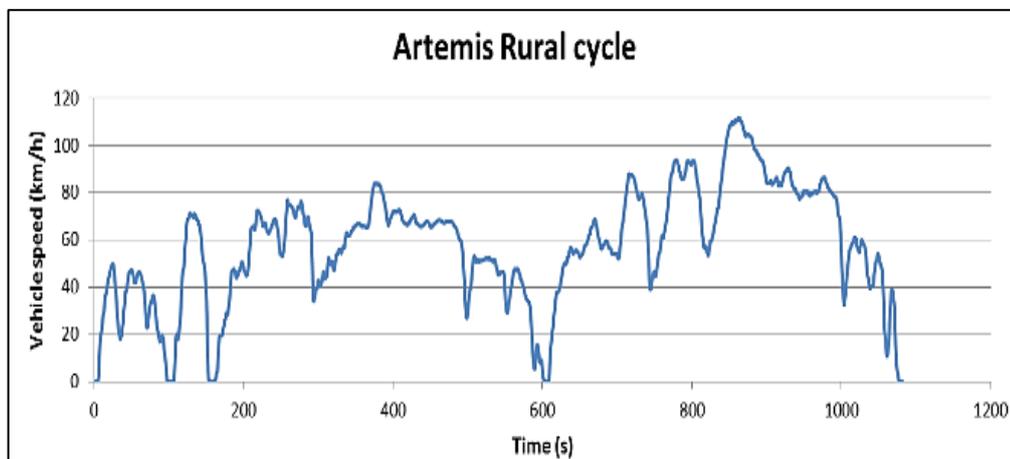


Ilustración 2-4: Ciclo rural ARTEMIS.

Fuente: Charlie y Romain, 2013.

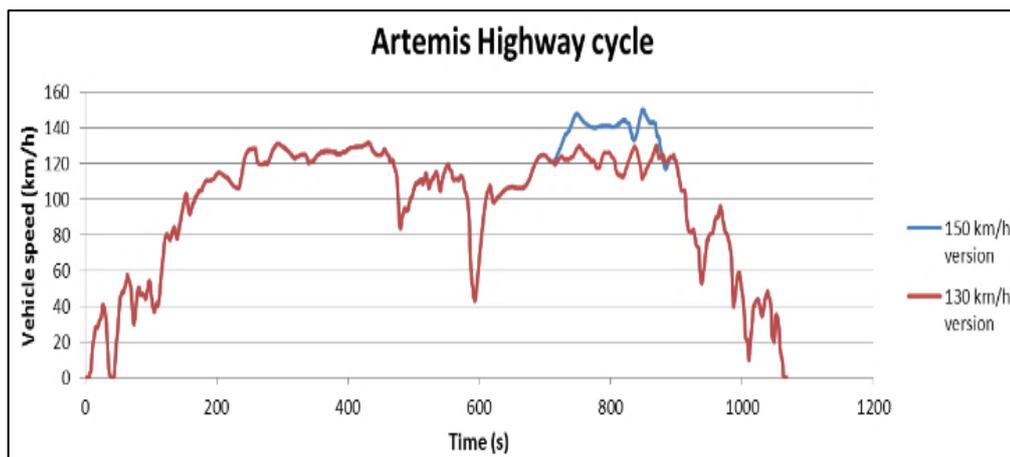


Ilustración 2-5: Ciclo en carretera ARTEMIS.

Fuente: Charlie y Romain, 2013.

Tabla 2-2: Características de los ciclos ARTEMIS.

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

Fuente: Charlie y Romain, 2013.

2.5. Ciclo de conducción Hong Kong

En la ciudad de Hong Kong se diseñó un ciclo de conducción estándar para entornos urbanos. La información fue recolectada mediante un vehículo diésel equipado con instrumentación que siguió dos rutas urbanas predefinidas. Los datos recopilados fueron posteriormente evaluados y probados con otros ciclos de conducción establecidos en diferentes partes del mundo.

Los investigadores de Hong Kong consideraron nueve variables, como la velocidad promedio, velocidad promedio en carrera, aceleración y desaceleración promedio, longitud del trayecto, paradas, y el número promedio de aceleración y desaceleración. Se empleó en un vehículo Toyota Hiace con transmisión manual y motor diésel, utilizaron un sensor infrarrojo para medir la velocidad del motor y la rotación de la transmisión. Se llevaron a cabo 12 recorridos. A continuación, se calculó un promedio para ambos conjuntos de datos y un promedio específico para cada área. Los valores para la creación del ciclo de conducción no debían diferir en más del 5% de los valores promedio para ser considerados aceptables. Cada periodo de recorrido tuvo una duración de 1 minuto, y la combinación de 20 periodos formó un ciclo de 20 minutos (Tong et al., 1999).

2.6. Ciclos de conducción en Japón

2.6.1. Ciclo Modo 10-15

El ciclo japonés Modo 10-15 se emplea en Japón para certificar las emisiones y el consumo de combustible (ilustración 2-6). Replica tanto las condiciones urbanas como las de autopista, abarcando periodos de ralentí, aceleración y desaceleración. Las mediciones se llevan a cabo con el motor en estado caliente, después de seguir un procedimiento estándar de calentamiento (Charlie y Romain, 2013).

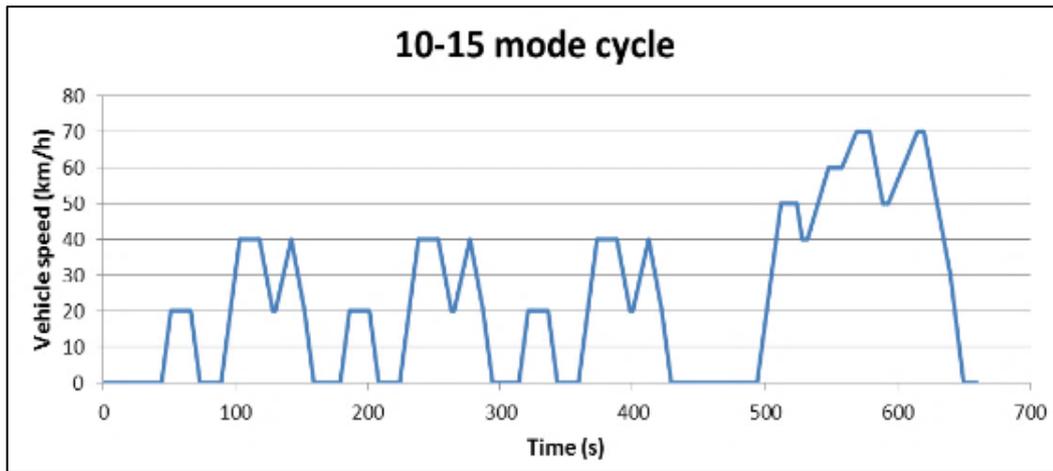


Ilustración 2-6: Ciclo MODO 10-15.

Fuente: Charlie y Romain, 2013

Tras finalizar la fase de desarrollo del ciclo Modo 10-15, se lograron obtener resultados significativos que son relevantes para la evaluación de vehículos en Japón, como se evidencia en los datos presentados en la tabla 2.3.

Tabla 2-3: Características del ciclo MODO 10-15.

Distancia (km)	4.16
Duración (s)	660
Velocidad Media (km/h)	22.7

Fuente: Charlie y Romain, 2013.

2.6.2. Ciclo JC08

El JC08 es un ciclo de conducción que presenta mayores demandas en comparación con el ciclo de 10-15 modos (ilustración 2-7). Se lleva a cabo tanto en condiciones de arranque en frío como en caliente, simula una conducción en situaciones de tráfico pesado, con pronunciadas aceleraciones y desaceleraciones (Charlie y Romain, 2013).

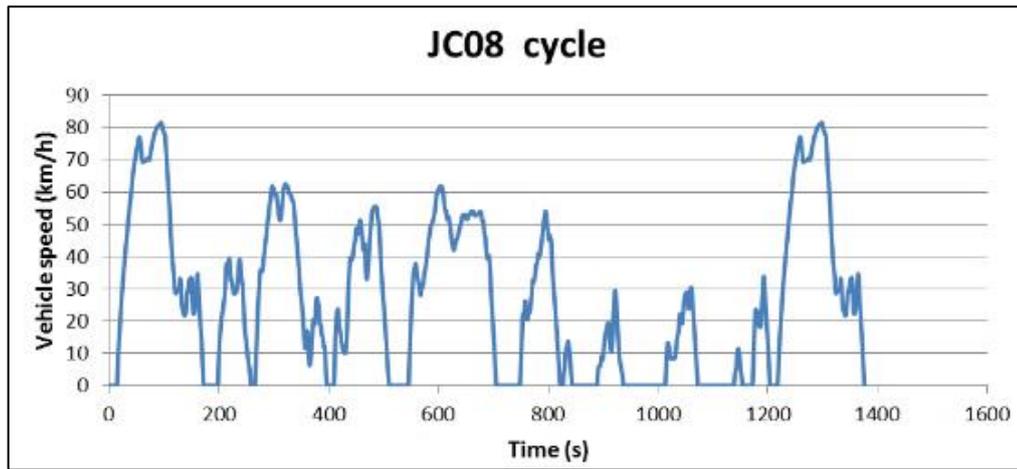


Ilustración 2-7: Ciclo JC08.

Fuente: Charlie y Romain, 2013.

Durante el proceso de creación del ciclo JC08, se generaron los siguientes resultados, los cuales se detallan en la tabla 2.4.

Tabla 2-4: Características del ciclo JC08.

Distancia (km)	8.17
Duración (s)	1204
Velocidad Media (km/h)	24,4

Fuente: Charlie y Romain, 2013.

2.7. Ciclo de conducción en el Ecuador

Se desarrollaron tres ciclos de conducción específicos para el Distrito Metropolitano de Quito, destinados a cubrir las condiciones: en ciudad (Sentido Sur – Norte) (Ilustración 2.8), en carretera (Sentido Norte – Sur) (Ilustración 2.9) y en un escenario combinado (Sentido Este – Oeste) (Ilustración 2.10).

Cada uno de los ciclos se llevó a cabo en situaciones reales de conducción transitando por rutas con tráfico considerable y cubriendo una distancia total de 1325.84 km durante un periodo de conducción que abarco 59 horas (Quinchimbla y Solís, 2017, p 65, 76).



Ilustración 2-8: Ciclo de conducción en ciudad del DMQ.

Fuente: Quinchimbla & Solís, 2017



Ilustración 2-9: Ciclo de conducción en carretera del DMQ.

Fuente: Quinchimbla y Solís, 2017

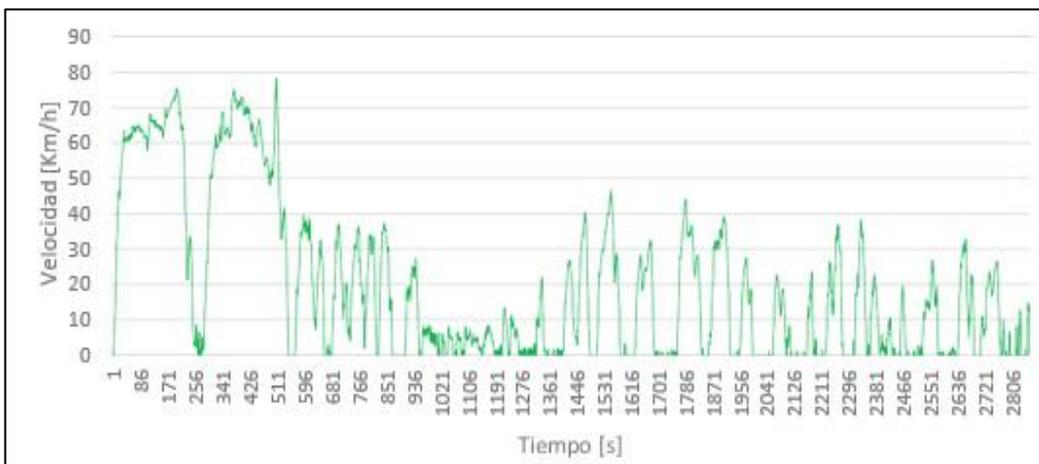


Ilustración 2-10: Ciclo de conducción combinado del DMQ.

Fuente: Quinchimbla y Solís, 2017

En Ecuador, las regulaciones INEN 2204 y 2207 están basadas en los ciclos estadounidenses FTP 75 y los ciclos europeos ECE EUDC 15.

2.8. Metodología para realizar ciclos de conducción

Para el desarrollo de ciclos de conducción, se han identificado diversas metodologías a nivel internacional para su elaboración. Por lo tanto, en este apartado se llevará a cabo un análisis de las técnicas de levantamientos de datos, de selección de rutas y los métodos de construcción de un ciclo.

2.8.1. Técnicas de levantamiento de datos

Para establecer un ciclo de conducción por el método directo, seleccionamos previamente la ruta para recolectar datos experimentales, que puede ser realizada mediante:

- Técnica On-Board
- Técnica de persecución del vehículo

2.8.1.1. Técnica On-Board

Esta técnica permite recopilar datos de operación y utilizarlos para optimizar el funcionamiento del sistema. El vehículo debe mantenerse dentro de límites operativos y consiste en instalar un sistema adecuado. El automóvil debe circular en medio del flujo vehicular típico de la localidad. El estudio se realiza con instrumentos que pueden medir y guardar datos, como la velocidad, tiempo de parada, la distancia recorrida y la aceleración del vehículo que son factores a tener en cuenta en el levantamiento de datos reales. Los instrumentos pueden incluir Datalogger, GPS, scanner vehiculares, sensores, la quinta rueda u otros dispositivos similares.

2.8.1.2. Técnica persecución del vehículo

Esta estrategia se fundamenta en el empleo de dos automóviles, designados como "perseguidor" y "objetivo". En esencia, implica que el vehículo "perseguidor" persiga al vehículo "objetivo" a lo largo de una ruta específica, intentando replicar la manera de conducir del vehículo "objetivo" para lograr una representación más precisa de su estilo de manejo. Si el vehículo "objetivo" se aparta de la ruta predeterminada, el vehículo "perseguidor" elige de forma aleatoria otro "objetivo" y comienza un nuevo seguimiento (Jhonson, et al., 1975; citados en Pérez y Quito, 2018, p.20).

2.8.2. Ventajas y desventajas

Tabla 2-5: A continuación, describiremos las ventajas y desventajas de la técnica On-Board y técnica Persecución de vehículo

Técnica	Ventajas	Limitaciones
ON BOARD	Recolección directa de datos de conducción	Elevado costo de instrumentación (Equipo de datos por cada vehículo)
	Desarrollo de perfiles de conducción representativo	Estudio de las características de conducción de un solo conductor
	Adecuado para países donde el comportamiento de conducción es irregular y agresivo	Requiere de una muestra grande para asegurar la representatividad de la base de datos
	Este método se puede mantener económicamente si se seleccionan las rutas representativas utilizando una base de datos de tráfico posible	Demanda de mucho tiempo para el levantamiento de datos
PERSECUSIÓN DE VEHÍCULO	Estudio de las características de conducción de diferentes conductores en un solo recorrido	Violación de límites de velocidad
	Bajo costo de instrumentación	Percepción por parte del conductor del vehículo objetivo
	Recopilación de patrones de conducción de algunos vehículos en un solo recorrido	Recolección indirecta de datos y con margen de error alto
	Representatividad de la muestra	Los equipos láser pierden su efectividad al pasar por baches, pen dientes y curvas
	Se emplea un solo vehículo para levantar datos de conducción	Diferencias de comportamiento de conducción entre el vehículo caza y el vehículo estudiado
		El vehículo caza puede perder con facilidad al vehículo de estudio cuando su comportamiento de conducción es agresivo.

Fuente: Calva y Flores, 2020.

2.9. Métodos para la selección de rutas representativas

Las características de los patrones de conducción varían significativamente al desplazarse por diferentes tipos de terrenos, planificaciones de tráfico e infraestructuras viales. Por este motivo, resulta fundamental establecer con precisión las rutas que reflejen los patrones típicos de conducción antes de emprender el estudio de un vehículo, con el fin de recopilar datos sobre su velocidad (Quinchimbla y Solís, 2017. p19).

Según la revisión de la literatura en investigaciones a nivel global, se observa que ciclos como el Melbourne, ciclo inglés, ciclo EDC, ciclos MODEM, ciclos MODEM HYZEM y ciclo URB (Chen y colaboradores, 2003) fueron desarrollados al identificar rutas representativas basadas en los trayectos desde casa hasta el trabajo durante distintos periodos temporales. Por otro lado, los investigadores del ciclo HWFEC, ciclo de alemán German Motorway y ciclo Sídney (Kent, Allen y Rule, 1978) tomaron los tipos de vía como el criterio principal para la selección de rutas representativas.

2.10. Dispositivos de diagnóstico automotriz OBDII

Los dispositivos de diagnóstico automotriz son herramientas utilizadas para monitorear y detectar problemas en los vehículos. Estos dispositivos OBD II, se conectan al puerto de diagnóstico del vehículo y pueden acceder a información sobre el sistema de control del motor y otros sistemas. Proporcionan lecturas de códigos de error, permiten borrar esos códigos y ofrecen datos en tiempo real sobre el rendimiento del vehículo.

Los tres dispositivos de diagnóstico OBD II descritos en la tabla 2-6 emplean diferentes especificaciones técnicas. Utilizan tecnología Wifi, Conexión del puerto serial universal (USB) y Bluetooth, respectivamente. Estas tecnologías permiten la comunicación entre el dispositivo de diagnóstico y la aplicación móvil, facilitando la lectura de datos del vehículo.

Tabla 2-6: Dispositivos de diagnóstico automotriz OBD II.

Dispositivo de diagnóstico automotriz OBD II.	Especificaciones técnicas	Imagen
ELM OBD II Wifi	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de operación: 12 v. • Chip: ELM 327. • Rango: 15m. • Consumo: 0.75 Watts. • Temperatura de funcionamiento: -15 a 100 °C. • Dimensiones: 2.75x1.25x1.2 plg. • Compatible: Auto-Scan, Android, Torque y Mini OBDII. 	
ELM OBD II USB	<ul style="list-style-type: none"> • Conexión: USB • Voltaje operación: Alimentado directamente a través del puerto USB. • Compatible: Windows, Mac, Android. 	
ELM OBD II Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de operación: 12 v. • Chip: ELM 327 • Alcance: 5m • Bluetooth: 2.0 • Frecuencia: 2,4 GHz • Contraseña para acceder al OBD II: 0000/1234/6789 • No es compatible con iPhone • Compatible: Windows, Android, Auto-Scan, Torque. 	

Realizado por: Guayllas & Samaniego, 2024.

2.11. APK móviles compatibles con interfaz OBD II

El diagnóstico automotriz se ha vuelto más accesible y conveniente gracias a la combinación de dispositivos de interfaz OBD II y aplicaciones móviles. Estas aplicaciones, también conocidas como APKs en el caso de dispositivos Android e iOS, son herramientas poderosas que permiten a los usuarios acceder a datos de diagnóstico en tiempo real de sus vehículos directamente desde sus teléfonos inteligentes o tabletas.

En la tabla 2-7 se detallan las especificaciones de varias APKs que funcionan en conjunto con dispositivos de diagnóstico OBD II.

Tabla 2-7: APKs

APKs	Especificaciones	Imagen
Scan-Master	<ul style="list-style-type: none"> • Idioma: inglés. • Tamaño: 16,44 MB. • Sistema operativo: Windows y Android. 	
Torque Pro	<ul style="list-style-type: none"> • Idioma: Multi idioma. • Tamaño: 16,44 MB. • Sistema operativo: iOS y Android. 	
Car Scanner	<ul style="list-style-type: none"> • Idioma: inglés. • Tamaño: 20 MB. • Sistema operativo: Android. 	

Realizado por: Guayllas, J.; Samaniego, P. 2024.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

En este estudio se utilizarán los métodos siguientes:

3.1.1. *Método Directo*

La aplicación de un método directo es lo óptimo para la obtención de un ciclo de conducción, ya que este nos ayudara a estimar la demanda energética por medio de una curva experimental, por ello elegimos el método directo en base a la técnica de persecución del vehículo y analizaremos estas curvas mediante una estimación de mínimas diferencias ponderadas.

3.1.2. *Método Inductivo*

El método inductivo implica examinar y crear modelos a partir de patrones de comportamiento de conducción, utilizando observaciones y datos específicos recopilados en situaciones reales de manejo. Este enfoque emplea para obtener una compensación más completa de la interacción entre los conductores y sus vehículos, así como para comprender su comportamiento en diversas condiciones de conducción.

3.1.3. *Método Experimental*

El método experimental implica llevar a cabo experimentos controlados en los cuales se manipulan variables particulares con el fin de comprender como impactan en el comportamiento de conducción y en el rendimiento del vehículo. Este enfoque se emplea para recopilar datos cuantitativos y precisos sobre la influencia de factores específicos en la experiencia de conducción.

3.2. Protocolo para el desarrollo del ciclo de conducción

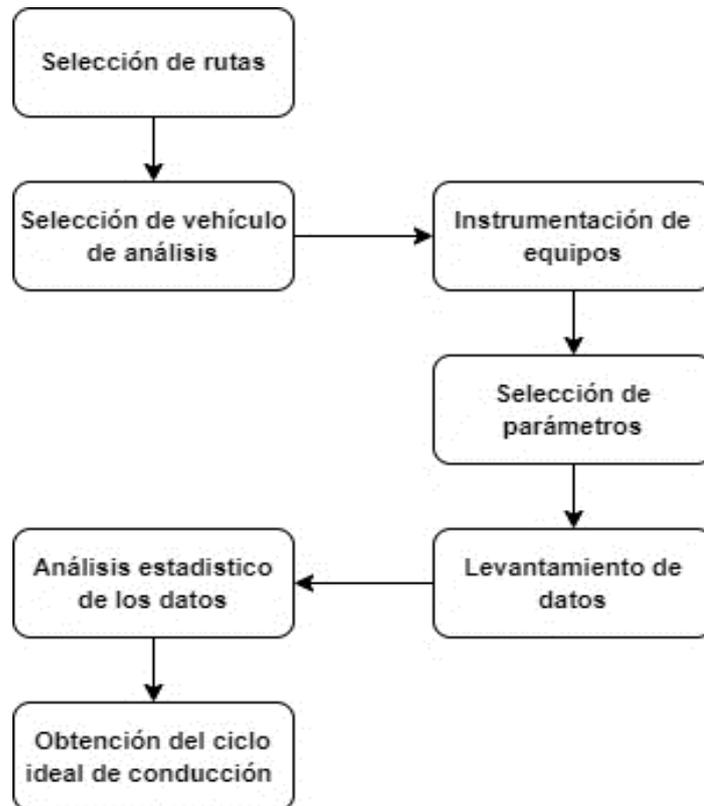


Ilustración 3-1: Protocolo para la obtención de ciclos de conducción

Realizado por: Guailas, J.; Samaniego, P. 2024.

3.2.1. Selección de rutas

El presente estudio se desarrolló en la zona urbana de la ciudad de Loja con una altitud de 2060 msnm, con los datos obtenidos por el Municipio de Loja. Esta ciudad cuenta con 6 parroquias urbanas tales como (ilustración 3-2):

1. El Sagrario
2. Sucre
3. El valle
4. San Sebastián
5. Punzara
6. Carigán



Ilustración 3-2 Parroquias urbanas de la ciudad de Loja.

Fuente: Municipio de Loja, 2014.

La selección de la ruta es esencial para determinar las características de conducción, que dependen del tipo de vía e intensidad del flujo vehicular a lo largo del recorrido. Estas rutas suelen ser comúnmente transitadas por personas en sus actividades diarias, como desplazamientos casa-trabajo, compras y vida social.

La ruta que se tomó está definida por el consorcio de transportistas urbanos de la ciudad de Loja y establecidas en la aplicación moovit.

El consorcio de transportistas de la ciudad de Loja opera 9 rutas de autobús que cubren todas las parroquias urbanas de la misma.

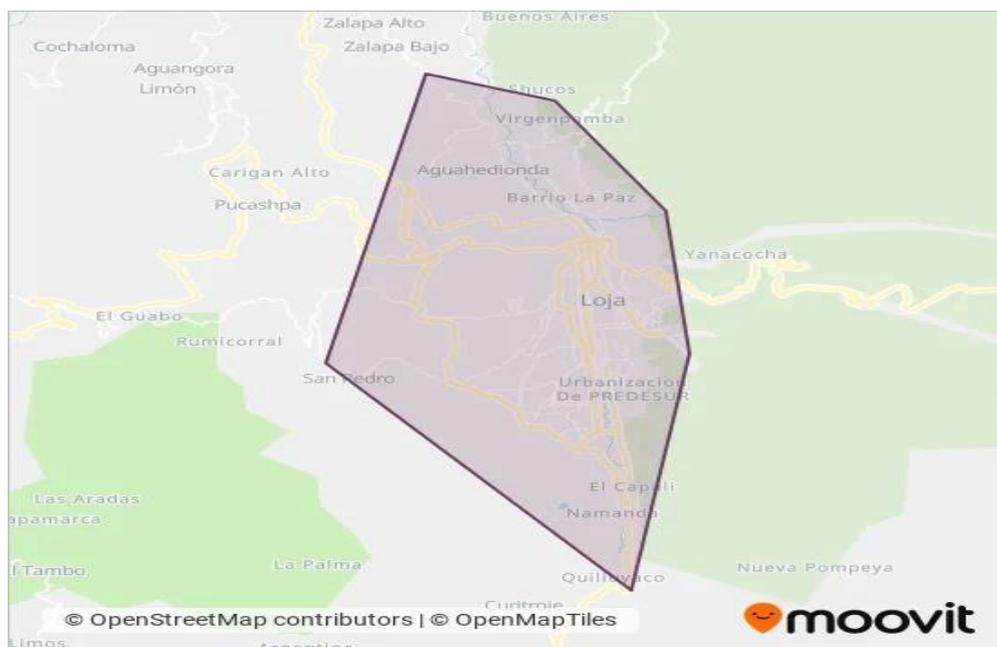


Ilustración 3-3: Mapa Loja.

Fuente: https://moovitapp.com/index/es-419/transporte_p%C3%BAblico-lines-Loja-6018-1649908#google_vignette

En la tabla 3-1 se establecen las líneas de autobuses urbanos del Consorcio de transportistas de la Ciudad de Loja, en donde se detalla la ruta de cada una de ellas, también el tiempo de recorrido, y la distancia recorrida.

Tabla 3-1: Líneas de buses Consorcio Ciudad de Loja.

Línea de buses	Descripción de la ruta	Tiempo de recorrido[min]	Distancia recorrida[km]
L1	PITAS – EL ROSAL	34	10,04
L2	SAUCES – ARGELIA	37	10,64
L4	BORJA – ISIDRO AYORA	26	9,52
L5	COLINAS LOJANAS – ZAMORA HUAYCO	37	11,67
L7	MOTUPE - PUNZARA	45	11,13
L8	CIUDAD VICTORIA - CARIGAN	54	14,81
L10	SAUCES NORTE – JULIO ORDONEZ	40	10
L11	BOLONIA – TIERRAS COLORADAS	45	17
L12	SOL DE LOS ANDES – EL PARAISO	35	9,46

Realizado por: Guailas, J.; Samaniego, P. 2024.

Con la ayuda de la aplicación Moovit y Google Maps, se verificó que la ruta tiene mayor distancia y con mayor cantidad de tráfico en horas pico, lo cual la aplicación de Google Maps nos ayuda con reportes de tráfico en los diferentes horarios. Los horarios que escogimos fueron de 6:30 am – 8:30 am, 11:30 am – 13:30 pm y 17:30 pm – 19:30 pm, lo que se consideraron horarios picos, donde existe mayor afluencia de tráfico en la ciudad.

En la Ilustración 3-4, se observa la afluencia de tráfico en el horario de las 6:30 am – 8:30 am, Este horario fue seleccionado debido al gran flujo de personas que se desplazan en vehículos hacia sus trabajos, así como de colectivos que se dirigen a diversos establecimientos educativos.



Ilustración 3-4: Trafico de Loja, horario de 6:30 am - 8:30 am.

Fuente: Google Maps, 2024

Otro horario establecido para su análisis es del mediodía (Ilustración 3-5). En este periodo, el tráfico se ve igualmente afectado por la afluencia de autobuses que recogen a los estudiantes en las distintas paradas establecidas de la zona urbana de la ciudad. Además, durante este horario, las personas salen de sus trabajos para su respectivo descanso de mediodía, lo que provoca que las principales calles de diversas zonas estén llenas de vehículos y personas.



Ilustración 3-5: Trafico de Loja, horario de 11:30 am - 13:30 pm.

Fuente: Google Maps, 2024

Al final del día, se produce congestión en las horas de la tarde y noche debido a que las personas terminan su jornada laboral y se dirigen a sus respectivos domicilios ubicados en diversos puntos de Loja (ilustración 3-6).



Ilustración 3-6: Trafico de Loja, horario de 17:30 pm - 19:30 pm.

Fuente: Google Maps, 2024

Se selecciono la ruta L11, el recorrido de esta línea de autobús inicia en el Despacho de barrio de Tierras Coloradas y finaliza en el Despacho de Bolonia Sn (Loja), abarcando una distancia de 17,5 km y cuenta con 36 paradas, con un tiempo total de 45 minutos, atravesando zonas con mayor afluencia vehicular dentro y fuera de la ciudad (ilustración 3-7).

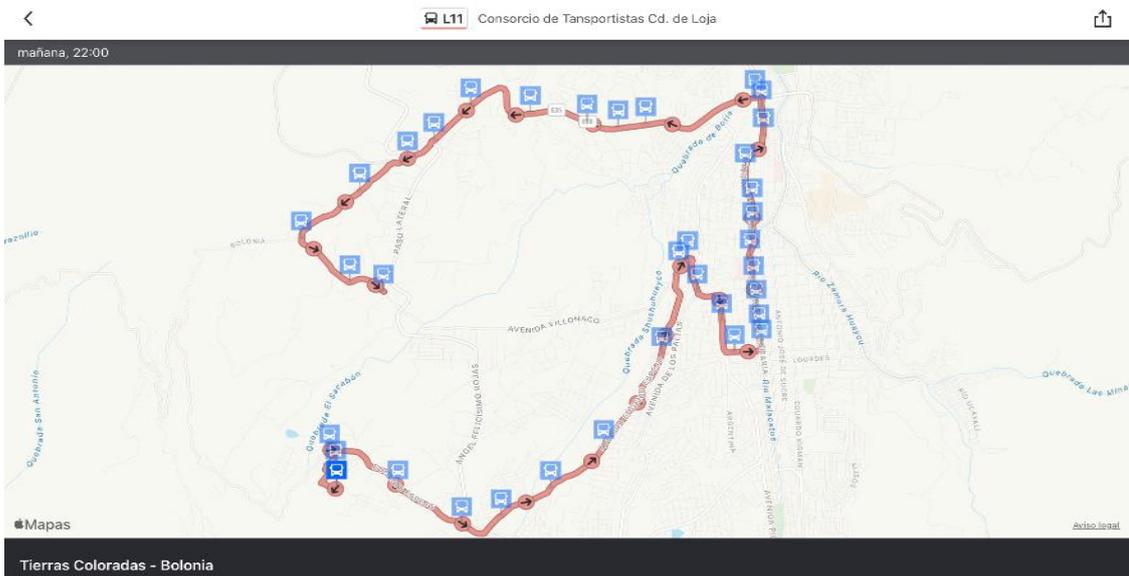


Ilustración 3-7: Ruta L11 (Bolonia – Tierras Coloradas).

Fuente: <https://moovitapp.com/loja-6018/lines/11/19570487/4307920/es419?ref=5&customerId=4908&dayOffset=19730>

En la tabla 3-2 se establecen las paradas de la ruta L11 (Bolonia – Tierras Coloradas)

Tabla 3-2: Paradas establecidas de la L11.

Paradas establecidas de la ruta L11	Descripción de la ruta	Tiempo de recorrido[min]	Distancia recorrida[km]
1	Bolonia	0	0.4722
2	Y de Eucaliptos	2	0.4722
3	Calle Virgilio Rojas	2	0.4722
4	Vía a Catamayo	2	0.4722
5	Redondel del Plateado	1	0.4722
6	Vía a Catamayo	2	0.4722
7	Transversal Sur	1	0.4722
8	Iglesia Bolonia Ns	2	0.4722
9	Gasolinera “24 de mayo”	1	0.4722
10	Entrada a la Clodoveo	1	0.4722
11	Terminal Terrestre	2	0.4722
12	Zona Militar	1	0.4722
13	Av. Cuxibamba y Latacunga	1	0.4722
14	Calle Padre Bolívar Bailón, 1525	1	0.4722
15	Puente Lea	1	0.4722
16	Hospital Isidro Ayora	1	0.4722
17	Parque Bolívar	1	0.4722
18	Av. Manuel Agustín Aguirre y 10 de agosto	0,5	0.4722
19	Av. Manuel Agustín Aguirre y Miguel Riofrío	0,5	0.4722
20	Av. Manuel Agustín Aguirre y Alonso de Mercadillo	1	0.4722
21	Redondel la Bomba Quemada Ns	1	0.4722
22	El Carbonero Mirados	1	0.4722
23	Redondel Pedestal Ns	1	0.4722
24	E682, 5	1	0.4722
25	Juan M. Riofrío, 710	0,5	0.4722
26	Medilab Ns	0,5	0.4722
27	Entrada a Vía Villonaco	1	0.4722
28	Av. Eugenio Espejo y Aztecas Ns	2	0.4722
29	Tanques de Agua Ns	2	0.4722
30	Entrada a Colinas Lojana Ns	2	0.4722
31	Entrada a Lote Bonito Ns	1	0.4722
32	Menfis Alto Ns	2	0.4722
33	Reloj de Tierras Coloradas	2	0.4722
34	Entrada a tierras coloradas	2	0.4722
35	Sta. Teresita de Jesús	1	0.4722
36	Despacho Tierras Coloradas	1	0.4722
	Total, recorrido	45	17

Realizado por: Guailas, J.; Samaniego, P. 2024.

La ruta L11 atraviesa avenidas principales (Av. Eugenio Espejo, Av. Cuxibamba, Av. Universitaria y la Carretera Panamericana) y calles donde existen mayor flujo vehicular en las horas pico y no pico, esto se obtuvo mediante Google Maps, ya que esta aplicación nos ayuda con el reporte de tráfico en vivo. Las horas con mayor congestión de esta ruta 6:30am y 8:30am, 11:30pm a 13:30pm y 17:30pm a 19:30pm, ya que estos horarios son establecidos como horas pico.

3.2.1.1. Elevación de la ruta L11

Utilizando el software Google Earth, se logró obtener el perfil de elevación del trayecto de la ruta actual, como se muestra en la ilustración 3-8. Se observó que la elevación más alta se localiza en Sta. Teresita de Jesús (Tierras Coloradas, 2442m); por otro lado, el punto con menor altitud se ubica en la Av. 8 de diciembre (Terminal terrestre, 2041m).

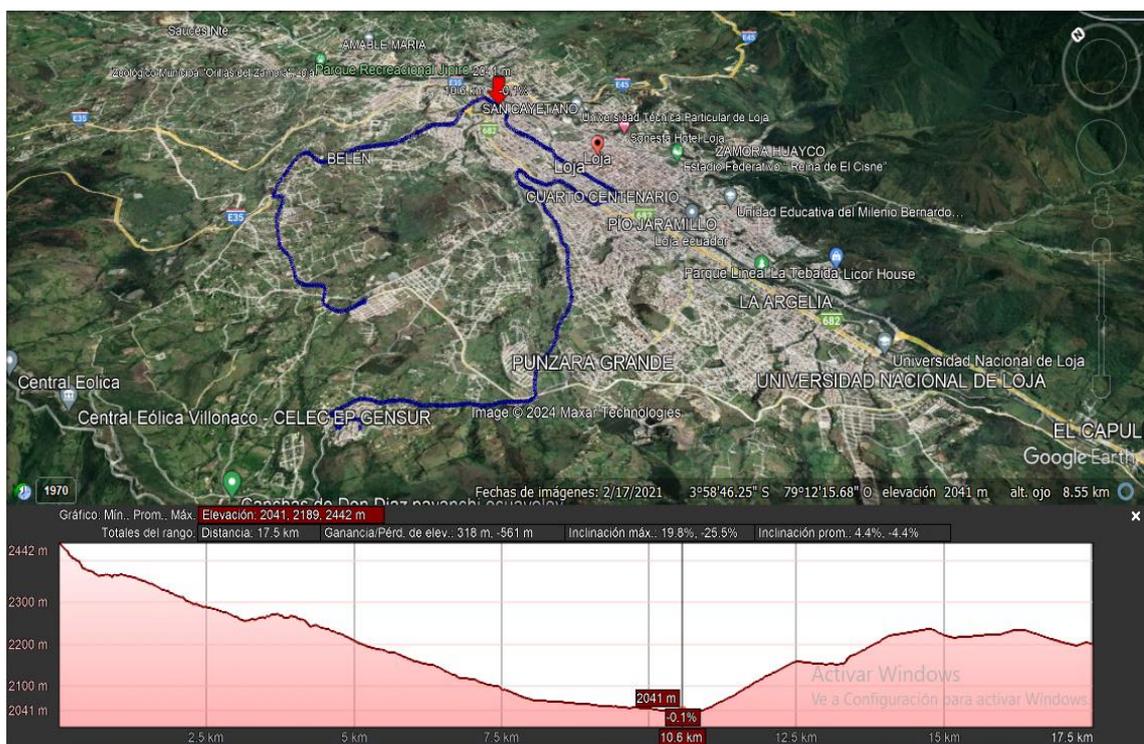


Ilustración 3-8: Perfil de elevación de la ruta L11.

Fuente: Google Earth, 2024

3.2.2. Selección de vehículo de análisis.

Los registros se obtendrán de modelos de buses con mayor porcentaje de la flota del consorcio de transportistas de la “ciudad de Loja”; uno de estos modelos es de la marca Hino (Chasis) AK8JRSA y carrocería INMAY. La instrumentación se realizó a través de la técnica de

persecución de bus; imitando la conducción de los operarios que llevaban a cabo el recorrido de la L11 (Bolonía – Tierras Coloradas).

En la siguiente tabla se detallará las medidas del autobús.

Tabla 3-3: Especificaciones del autobús.

Modelo	HINO AK8JRSA
Motor	
Cilindraje (cc)	7.684
Potencia (hp@rpm)	247@2500
Torque (N@rpm)	75.4@1500
Peso y Medidas	
Peso (kg)	9300
Alto (mm)	2100
Ancho (mm)	2445
Largo (mm)	11140
Frenos y Neumáticos	
Neumáticos	295/80 R22.5
Frenos	Tambor zapatas regulación automática (Delantero y posterior)

Realizado por: Guayllas, J.; Samaniego, P. 2024.

3.2.3. Instrumentación de equipos

Anteriormente se describió las técnicas de levantamiento de datos, para este estudio se utilizó la técnica de persecución del vehículo. En este método, el conductor del vehículo "caza" sigue el flujo normal del tráfico al seleccionar al azar un automóvil "objetivo" del conjunto de vehículos en circulación y lo sigue durante el mayor tiempo posible. Este proceso se repite hasta cubrir la totalidad de la ruta preestablecida para el estudio (Quinchimbla & Solís, 2017. p17).

Este estudio consiste en equipar un vehículo con un dispositivo GPS para la recolección de datos, y simular todas las acciones que realice el vehículo a seguir.

3.2.3.1. ELM 327

Para este estudio, se utiliza un dispositivo ELM 327 a través de la interfaz OBD II, que posibilita la conexión con la computadora del vehículo mediante un teléfono celular. Esto permite la

obtención de información directa desde la Unidad de Control Electrónico (ECU) del automóvil, facilitando el posterior almacenamiento de datos en un archivo de texto con el fin de llevar a cabo un análisis estadístico adecuado (Calva y Flores, 2020).

3.2.3.2. *Torque Pro*

Se trata de una aplicación que mediante su interfaz y en colaboración con el dispositivo ELM 327, recopila datos como la posición del vehículo a través del sistema GPS, registra información de los PID (identificadores de parámetros) que incluyen datos de sensores y actuadores, y también recoge detalles del consumo de combustible en intervalos de un segundo (Calva y Flores, 2020).

3.2.4. *Selección de parámetros*

Este apartado es esencial para la construcción de ciclos de conducción ya que con esto se puede extraer las características de conducción, la selección de ciclos y la determinación representativa estadística. En base a parámetros como puede ser la velocidad, porcentaje en tiempo de ralentí, altitud; para luego poder realizar el estudio sobre el consumo energético del vehículo (Quinchimbla & Solís, 2017. p35).

Los datos del vehículo esenciales para calcular la demanda de consumo de energía en la rueda son los siguientes:

- Masa del vehículo [M]
- Radio Dinámico [r_d]
- Coeficiente de resistencia a la rodadura [f_r]
- Área frontal del vehículo [Af]
- Coeficiente de arrastre [Cd]

3.2.4.1. *Masa de autobús*

Según la ficha técnica del autobús con motor 7.684 cc del año 2016, el peso bruto vehicular especificado es de 14200 kg, este valor representa el máximo peso que el chasis del autobús puede soportar, incluyendo tanto la carrocería como el peso total de los pasajeros. De acuerdo con la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1668, que establece una masa promedio de 70 kg por pasajero, se determinó que el autobús puede transportar hasta 70 pasajeros, siendo 40 de ellos sentados y 30 de pie.

En el análisis realizado, se dedujo la masa del autobús sin carga restando el peso de los 70 pasajeros al peso bruto vehicular (PBV). Esto condujo a obtener un valor de 9300 kg como la masa del autobús urbano en condiciones sin carga (Quevedo, Castelo, Gunsha & Villagrán, 2022. p8).

3.2.4.2. Radio dinámica del Autobús

El radio dinámico se define como el tamaño del neumático que experimenta deformación debido a la carga y la rotación. Según las especificaciones técnicas del autobús, las dimensiones del neumático son 295/80R22.5, y el cálculo del radio dinámico se realiza con la siguiente ecuación.

$$r_d = An * Al + \emptyset \quad Ec. 2$$

Los datos correspondientes a los parámetros del área frontal [m²], coeficiente de arrastre, coeficiente de resistencia a la rodadura y la densidad del aire [kg/m³] en la ciudad de Loja fueron obtenidos de fuentes literarias. En la tabla siguiente se proporciona la masa del autobús en condiciones de carga media y vacío.

Tabla 3-4: Parámetros del autobús

Parámetros autobús	Simbología	Valor
Área frontal	(Af)	6.87
Coefficiente de arrastre	(Cd)	0.8
Coefficiente de resistencia rodadura	(fr)	0.009
Masa de autobús (kg)	(M)	14200, 10840, 9300
Radio dinámico (m)	(rd)	0.51
Parámetros ambientales		
Densidad del aire (kg/m ³)	(pa)	0.843
Gravedad (m/s ²)	(g)	9.81

Realizado por: Guailas, J.; Samaniego, P. 2024.

3.2.4.3. Área frontal del Autobús

Para hallar el área del autobús, se utilizó el software CAD, en donde se dibujó el contorno de la parte frontal del bus siguiendo la ficha técnica, esta indica que la altura es de 2100 mm y la distancia entre ejes del bus es de 5800mm.

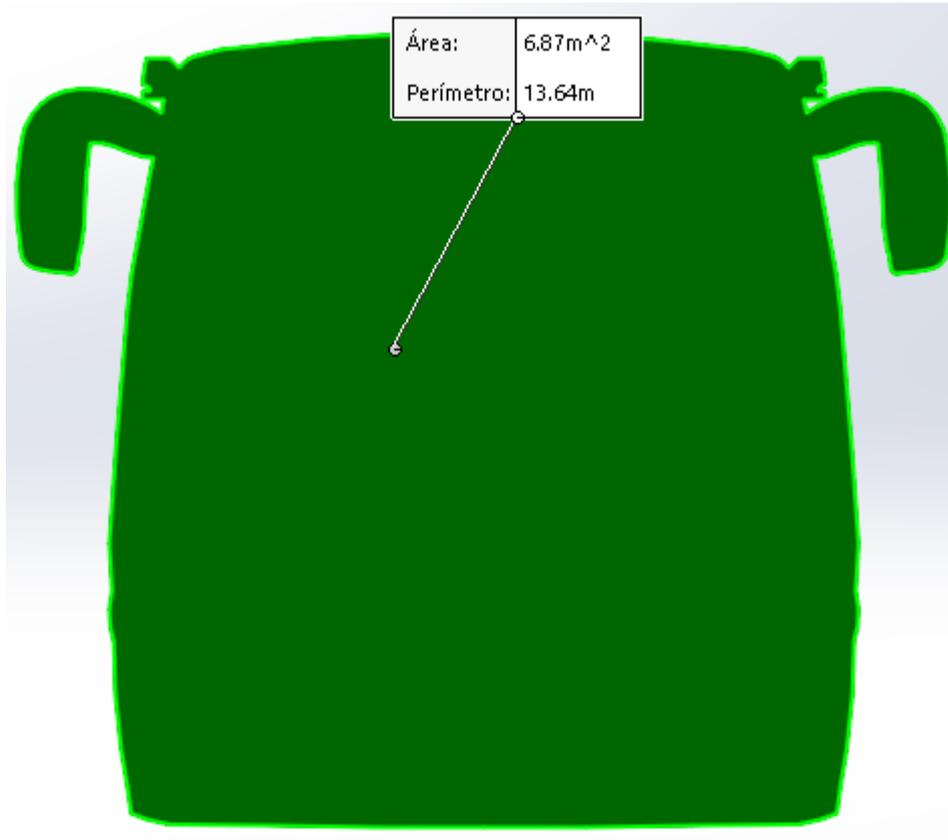


Ilustración 3-9: Área frontal Autobús.

Realizado por: Guailas, J.; Samaniego, P. 2024.

3.2.5. Levantamiento de datos

Para el levantamiento de datos utilizamos la técnica de persecución del vehículo, seleccionando la ruta L11 de buses urbanos de la ciudad de Loja, ya que esta cuenta con zonas urbanas y vía perimetral de la ciudad. Obteniendo trazos de velocidad – tiempo que representan la forma de conducir real del autobús.

Esta ruta fija comprende avenidas principales y zona perimetral, y con el vehículo equipado con los instrumentos de medición necesarios, obtenemos parámetros que se utilizó para el desarrollo del ciclo de conducción.

Esto se consigue realizando la persecución de forma regular, iniciando de un mismo punto y culminando en la zona de partida, en el horario que se estableció al momento de seleccionar las rutas, para tener una buena muestra se realizó 35 viajes por la ruta fija establecida, con el fin de obtener datos reales de conducción ya que la forma de conducir de cada operario no es la misma.

3.2.6. *Análisis estadístico de los datos*

3.2.6.1. *Análisis por promedios ponderadas*

Esta técnica se ha realizado con anterioridad para determinar ciclos de conducción en diferentes partes del mundo como: Colombia, México, Francia y Estados Unidos. Este método determina un ciclo de conducción que refleje de manera precisa todas las curvas experimentales recopiladas; se debe seleccionar el trayecto que se asemeje más a la media de esos recorridos en términos de sus parámetros resumidos. Este proceso se obtiene al minimizar los promedios ponderados de las desigualdades de cada parámetro en relación con la media (Astudillo, 2016. P42).

Mediante este método se consideró variables como: velocidad promedio, velocidad máxima, tiempo total de recorrido, tiempo en ralentí, tiempo con aceleración positiva, distancia recorrida, número de paradas, aceleración máxima; para luego determinar parámetros como resistencia a la rodadura, resistencia a la pendiente, resistencia a la inercia y resistencia aerodinámica. Estas multiplicadas por la velocidad nos da el consumo energético y sumadas entre sí, obtendremos el consumo energético en rueda del autobús.

$$y = \arg \min \sum f_i (x_i - \bar{x}) \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

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 valores de parámetros resumen

A través de la ecuación (Ec.1), se asigna una evaluación a cada trayecto, y de todos los 30 viajes de la ruta, se tomó la que tenga el valor mínimo. Esta elección se basa en que dicho trayecto presenta la menor discrepancia con respecto a la media de todos los parámetros analizados; para la obtención del ciclo real de conducción.

3.2.6.2. Modelo de la dinámica longitudinal del autobús

En condiciones normales, un vehículo se desplaza por carreteras planas, enfrentando pendientes ascendentes y descendentes, así como curvas. En este estudio se llevará a cabo una modelización del movimiento del vehículo, considerando un modelo que incorpora la velocidad, la aceleración y la inclinación de las pendientes que el vehículo debe superar. La determinación de la demanda energética se basa en la dinámica de vehículos, que a su vez se derivan en la segunda ley de Newton. En la ilustración 3-4, se presenta el diagrama de cuerpo libre, donde se representan las fuerzas resistivas que el vehículo debe vencer para su desplazamiento (Quevedo, Castelo, Gunsha & Villagrán, 2022. p9).

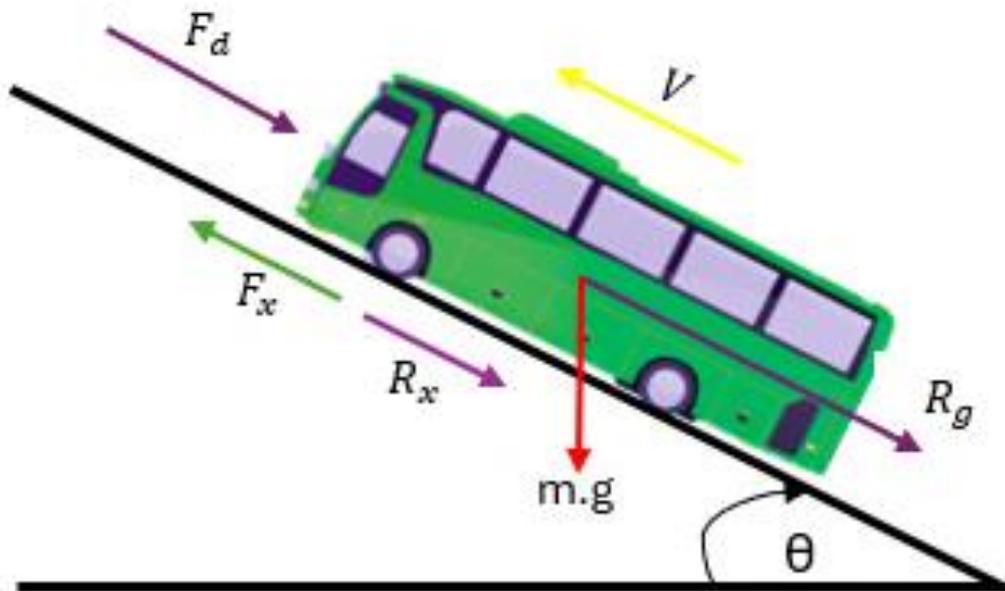


Ilustración 3-10: Diagrama de cuerpo libre de un autobús.

Realizado por: Guaitas, J.; Samaniego, P. 2024.

A continuación, en la figura 3-7, se detallan las fuerzas que contrarrestan el movimiento del autobús. La ecuación 3, muestra la relación entre la aceleración del vehículo y las fuerzas que ejercen su influencia sobre él.

$$m * a = F_t - F_d - R_g - R_x \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

m : Masa del vehículo (kg)

a : Aceleración del vehículo (m/s^2)

F_t : Fuerza de tracción (N)

F_d : Fuerza a la resistencia aerodinámica (N)

R_g : Fuerza a la resistencia a la pendiente (N)

R_x : Fuerza a la resistencia a la rodadura (N)

3.2.6.3. Resistencia aerodinámica

Cuando un vehículo se mueve, el flujo de aire sobre su carrocería produce una presión normal y una tensión de cizallamiento en la estructura del vehículo. La resistencia aerodinámica está determinada por el coeficiente de resistencia aerodinámica, el cual se ve influenciado por la forma de la carrocería. Además, está vinculada al área frontal del vehículo, siendo la ecuación (4) la representación de esta resistencia aerodinámica.

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

Donde:

ρ : Densidad del aire (kg/m³)

V : Velocidad del vehículo (m/s)

A_f : Área frontal (m²)

C_d : Coeficiente de arrastre [-]

3.2.6.4. Resistencia a la pendiente

Cuando un vehículo se desplaza hacia arriba o hacia abajo en una pendiente, la fuerza gravitatoria actúa en dirección descendente, como se ilustra en la figura 4. Esta fuerza se opone al movimiento del vehículo cuando asciende por una pendiente y favorece al movimiento del vehículo al descender. La ecuación (5) representa la resistencia ocasionada por la pendiente.

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

Donde:

θ : Ángulo de la pendiente (rad)

m : Masa del vehículo (kg)

g : gravedad (m/s²)

3.2.6.5. Resistencia a la rodadura

Cuando un vehículo está en movimiento, surge la resistencia a la rodadura debido a la histéresis del neumático en la región donde entra en contacto con la superficie de la carretera. Esta resistencia a la rodadura desempeña un papel en la desaceleración o frenado del vehículo. La fórmula (6) expresa la fuerza asociada con la resistencia a la rodadura.

$$R_x = F_z * f_r * \cos(\theta) \quad Ec. 6$$

Donde:

F_z : Fuerza normal (N)

f_r : Coeficiente de la rodadura [-]

θ : Angulo (rad)

Con las ecuaciones mostradas anteriormente, estas nos permiten calcular variables tales como el torque [N.m], la fuerza [N] y la energía demandada en rueda [kW.h].

La potencia en rueda se determinó con la ecuación (6), el torque con la ecuación (7) y la energía en rueda con la ecuación (8).

$$P_x = F_x * r_d \quad Ec. 6$$

$$T_x = F_x * v \quad Ec. 7$$

$$E_x = P_x * \Delta_t \quad Ec. 8$$

Donde:

r_d : Radio dinámico de rueda [m].

v : Velocidad del vehículo [m/s].

Δ_t : Variación de tiempo [s].

A partir de los parámetros obtenidos, se calcula la energía de resistencia aerodinámica utilizando la ecuación (9), la energía de resistencia a la rodadura mediante la ecuación (10), la energía de resistencia a la pendiente con la ecuación (11) y la energía total a través de la ecuación (12).

$$E_{ef} = F_d * v * \Delta_t \quad Ec. 9$$

$$E_g = R_x * v * \Delta_t \quad Ec. 10$$

$$E_i = m * a * v * \Delta_t \quad Ec. 11$$

$$E_T = E_{ef} + E_x + E_g + E_i \quad Ec. 12$$

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Gráfica de altitud y latitud

En la ilustración 4-1 nos muestra la ruta establecida del autobús de la L11 del Consorcio de la Ciudad de Loja, con la ayuda del dispositivo OBDII se pudo recolectar los datos tanto como la longitud y latitud, y así poder graficarla dicha ruta.

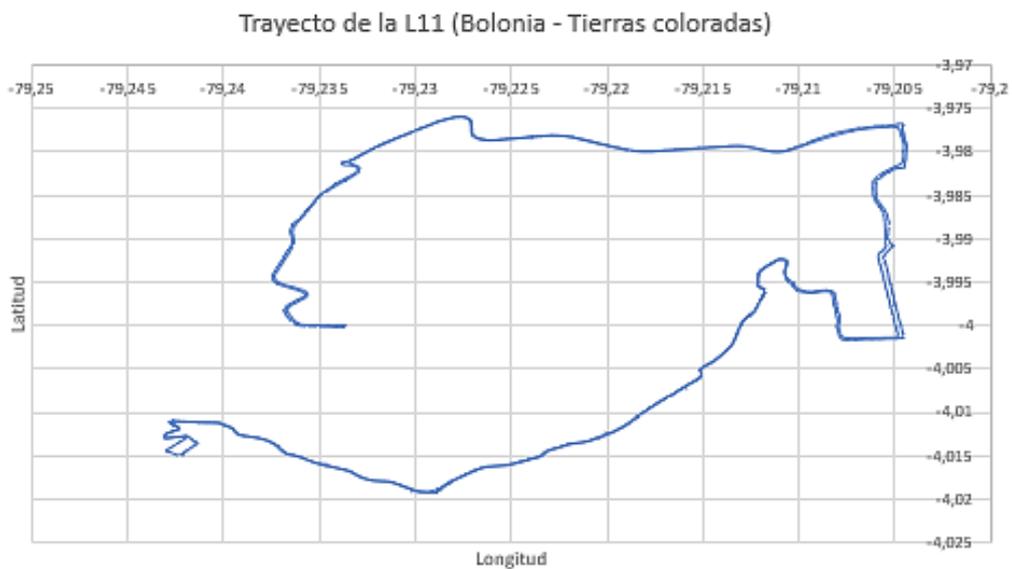


Ilustración 4-1: Latitud vs Longitud

Realizado por: Guaillas, J.; Samaniego, P. 2024.

4.2. Energías demandadas en rueda

Se realizó 35 viajes para la ruta L11 de buses urbanos del Consorcio de la Ciudad de Loja, como se muestra en la tabla 4-1, donde se analizan los porcentajes de energía demandada en rueda de cada uno de los viajes, para realizar el análisis del factor de ponderación de cada uno de estas.

Mediante la aplicación del método estadístico de las mínimas diferencias ponderadas, se concluyó que el viaje 30 refleja la demanda de energía más apropiada del ciclo típico de conducción con una desviación de 0,1542, según lo indicado en la tabla 4-2.

Tabla 4-1: Energías demandadas en rueda de cada viaje de la L11.

<i>Numero de viajes</i>	<i>Fuerza resistencia a la aerodinámica Fd</i>	<i>Fuerza resistencia a la rodadura Rx</i>	<i>Fuerza de resistencia a la pendiente Rg</i>	<i>Fuerza resistencia a la inercia (Ri)</i>	<i>Total Energia</i>	<i>sumatoria</i>
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
1	2,13	9,11	55,84	32,91	100	0,38
2	1,39	2,92	65,88	29,80	100	7,007
3	1,29	7,92	65,53	25,26	100	7,88
4	1,92	10,15	53,30	34,63	100	2,32
5	1,73	8,79	57,98	31,50	100	1,48
6	1,67	8,63	57,92	31,78	100	1,36
7	1,55	8,23	52,59	37,63	100	3,64
8	2,01	10,25	47,66	40,08	100	7,32
9	1,41	8,49	60,06	30,04	100	3,16
10	1,89	10,56	51,46	36,09	100	3,87
11	1,92	9,24	57,61	31,23	100	1,4
12	1,95	8,83	55,28	33,94	100	0,86
13	1,57	8,32	58,09	32,02	100	1,41
14	1,65	8,40	55,77	34,17	100	0,68
15	1,94	9,01	52,67	37,37	100	3,15
16	1,93	8,47	54,49	35,12	100	1,72
17	1,54	8,29	58,43	31,74	100	1,69
18	1,37	8,65	59,13	30,85	100	2,36
19	1,86	10,22	53,52	34,40	100	2,12
20	1,94	8,81	58,72	30,52	100	2,22
21	2,06	10,99	56,13	30,82	100	1,07
22	1,94	9,59	49,18	39,28	100	6,13
23	1,86	8,22	53,00	36,92	100	3,17
24	1,87	8,69	56,83	32,60	100	0,48
25	1,53	8,47	57,46	32,54	100	0,87
26	1,74	9,02	57,95	31,28	100	1,56
27	1,99	9,09	58,01	30,91	100	1,72
28	1,77	8,51	55,60	34,12	100	0,75
29	1,79	8,67	57,33	32,21	100	0,88
30	1,84	8,60	56,20	33,35	100	0,15
31	2,15	11,57	50,68	35,60	100	4,24
32	2,09	10,88	50,84	36,19	100	4,29
33	2,52	10,84	48,65	37,99	100	6,12
34	2,21	11,74	49,55	36,50	100	5,19
35	1,94	9,01	52,67	36,37	100	3,15

Realizado por: Guayllas, J.; Samaniego, P. 2024.

Tabla 4-2: Energía adecuado para el ciclo ideal de conducción.

<i>Numero de viajes</i>	<i>Fuerza resistencia a la aerodinámica Fd</i>	<i>Fuerza resistencia a la rodadura Rx</i>	<i>Fuerza de resistencia a la pendiente Rg</i>	<i>Fuerza resistencia a la inercia (Ri)</i>	<i>Total, Energía</i>	<i>sumatoria</i>
[-]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
30	1,84	8,60	56,20	33,35	100	0,15

Realizado por: Guailas, J.; Samaniego, P. 2024.

4.3. Promedios de los porcentajes de energía demandada en rueda

En la tabla 4-3, se obtuvieron los promedios de porcentajes de energía demandada en rueda en distintos viajes de la ruta L11, este cálculo proporciona una medida representativa que resume la tendencia general de los niveles de energía solicitada en esos viajes, ofreciendo así una visión más clara de la distribución promedio de la demanda de energía en la mencionada línea de autobuses.

Tabla 4-3: Promedio de los porcentajes de energía demandada.

<i>Promedios de los porcentajes de energía demandada en rueda</i>				<i>sumatoria de promedios</i>
<i>Energía Fd</i>	<i>Energía Rx</i>	<i>Energía Rg</i>	<i>Energía Ri</i>	
1,77	8,77	56,32	33,14	100
<i>Factores de ponderación</i>				
0,017	0,087	0,56	0,33	1

Realizado por: Guailas, J.; Samaniego, P. 2024.

4.4. Obtención del ciclo ideal de conducción

Se determino el ciclo ideal de conducción de la L11 (Tierras Coloradas, Bolonia) del Consorcio de la Ciudad de Loja con una muestra de 35 viajes completos; con un tiempo de recorrido de 1 hora con 52 minutos aproximadamente y 34 km de distancia, con una velocidad promedio de 18,38 km/h.

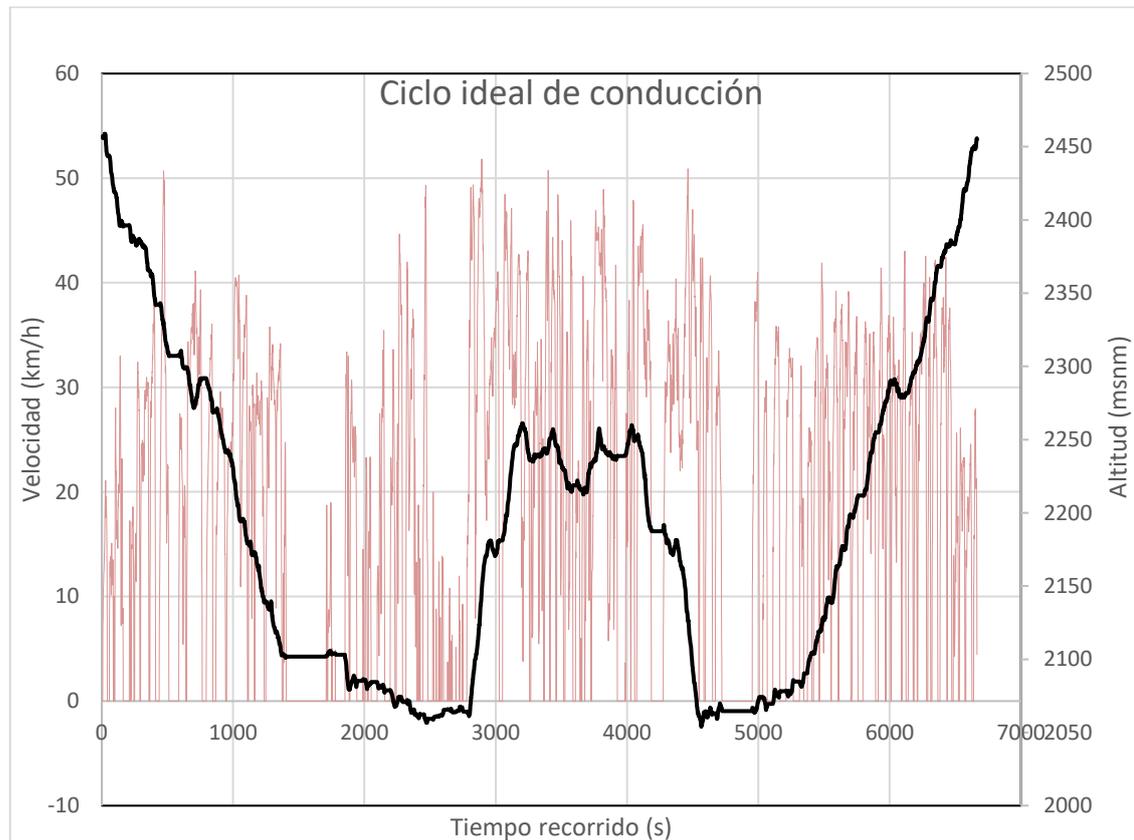


Ilustración 4-2: Ciclo tipo de conducción de buses urbanos de la ruta L11 (Tierras Coloradas, Bolonia), Loja.

Realizado por: Guayllas, J.; Samaniego, P. 2024.

En la ilustración 4-2, se indica el perfil de velocidades en relación con el tiempo que tiene el ciclo real de conducción, tomando en cuenta las paradas que debe de realizar según su trayecto, es fundamental destacar que, durante el recorrido del autobús realiza paradas de manera aleatoria según el requerimiento de los usuarios.

Tabla 4-4: Parámetros de resultados en rueda

RESULTADOS EN RUEDA		
Distancia total	34,05	[Km]
V. max	51,82	[Km/h]
V. promedio	18,38	[Km/h]
a. max	4,22	[m/s ²]
a. min	-3,0028	[m/s ²]
Tiempo total	6666	[s]
Potencia max	176,94	[kW]
Tx max	15323,52	[Nm]
Energía positiva total	47,86	[kWh]
Energía negativa total	-33,11	[kWh]
% Regeneración	-69,17	[%]
Rendimiento	1,41	[kWh/Km]
Detenido	32,21	[%]
V. cte	0,06	[%]
Aceleración	36,28	[%]
Desaceleración	31,43	[%]
TOTAL:	100	[%]

Realizado por: Guailas, J.; Samaniego, P. 2024.

En la tabla 4-4, se presentan los resultados de la curva representativa del viaje 30 para la ruta L11 (Tierras coloradas – Bolonia), aquí se identificó que la potencia máxima del ciclo típico es de 176,94 kW, que equivale a 237,28 Hp; comparando con la ficha técnica del autobús modelo Hino AK8JRSA su potencia máxima es de 247Hp a 2500 rpm.

Cabe recalcar que el porcentaje de regeneración del ciclo típico de conducción es favorable en el tema de vehículo eléctricos, con un valor de -69,17% o -33,11 kWh; este porcentaje se obtiene por el desnivel geográfico que existe en la ciudad.

Tabla 4-5: Energías de las fuerzas que actúan en el ciclo ideal de conducción.

	Energía Requerida (kWh)	Porcentaje (%)
Resistencia aerodinámica (Fd)	0,88	1,84
Resistencia a la rodadura (Rx)	4,12	8,60
Resistencia a la pendiente (Rg)	26,90	56,20
Resistencia a la inercia (Ri)	15,96	33,35
Energía total requerida en rueda	47,86	100

Realizado por: Guayllas, J.; Samaniego, P. 2024.

En la tabla 4-5, se observa las energías requeridas del ciclo ideal de conducción de la ruta L11 (Tierras coloradas – Bolonia), la mayor energía que requiere vencer el autobús es la resistencia a la pendiente, con un valor de 26,90 kWh, lo que representa el 56,20%; esto es por la diferencia de altura que existe en la ciudad de Loja.

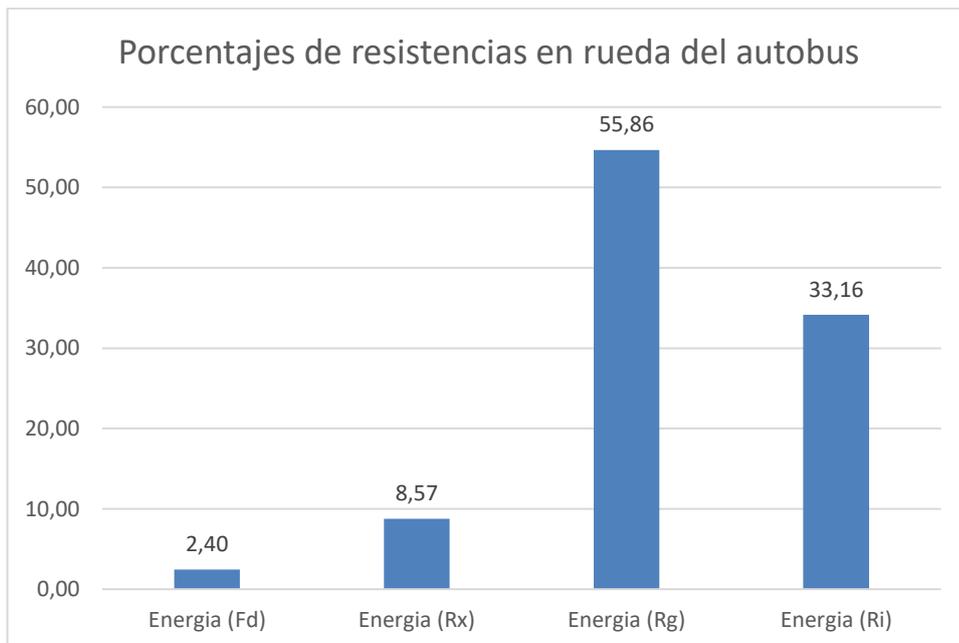


Ilustración 4-3: Porcentaje de demanda de energía en rueda del autobús

Realizado por: Guayllas, J.; Samaniego, P. 2024.

En la ilustración 4-3, se revelo los porcentajes de energía consumida en rueda del autobús de la L11 del Consorcio de la Ciudad de Loja, la menor energía consumida es la resistencia aerodinámica y la mayor energía es la resistencia a la pendiente.

4.5. Perfil de Pendiente del ciclo típico

Por su ubicación demográfica de la Ciudad de Loja, el perfil de pendientes que tiene que vencer los autobuses y automóviles que circulan en la ciudad, son pendientes de hasta 26 %.

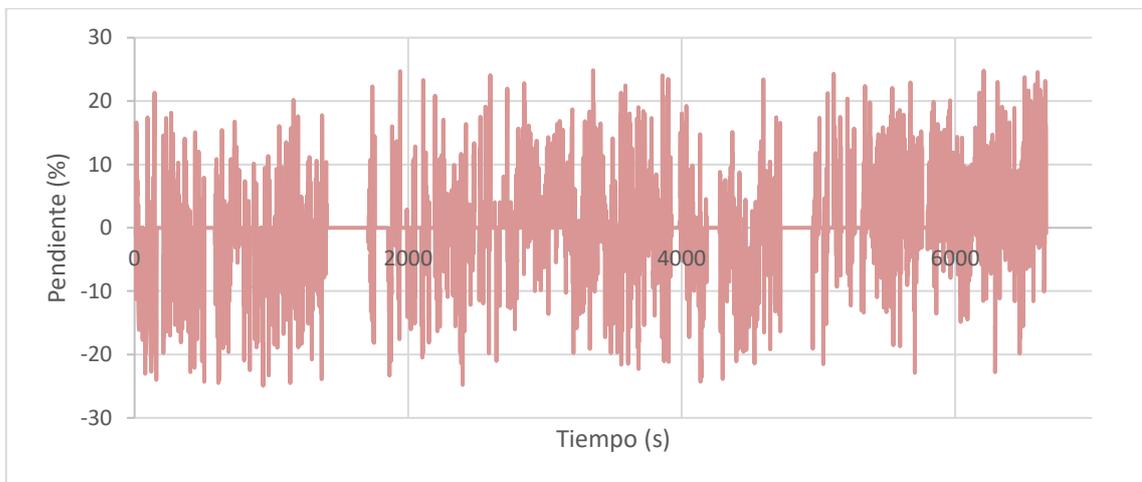


Ilustración 4-4: Pendiente.

Realizado por: Guailas, J.; Samaniego, P. 2024.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Para determinar el ciclo real de conducción de la ciudad de Loja, se analizaron todas las rutas de autobuses del consorcio “Ciudad de Loja”. Se utilizó la ruta fija L11 (Tierras Coloradas – Bolonia) ya que esta ruta atraviesa avenidas con mayor flujo vehicular, terminal y zona perimetral de la ciudad; conectando al usuario a sus actividades diarias, estudios o vida social.
- Se empleó el dispositivo ELM 327 OBDII en conjunto con el software Torque Pro, para la instrumentación; considerando variables importantes como: altitud, velocidad, longitud, latitud y rpm; posteriormente se analizó en un modelo estadístico para la obtención del ciclo típico de conducción.
- Se analizó los datos obtenidos mediante el modelo estadístico mínimas diferencias ponderadas partiendo de una muestra de 35 viajes de la ruta L11 (Tierras coloradas – Bolonia), siendo el viaje 30 el ciclo típico de conducción; con una desviación mínima de 0.1574 con respecto a los demás viajes.
- La ruta L11(Tierras coloradas – Bolonia), tiene una distancia de 34 kilómetros, con una duración de 90 minutos, con 72 paradas establecidas entre ida y vuelta de la ruta. Donde se analizó mediante el modelo estadístico de mínimas diferencias ponderadas, y se obtuvo que el viaje 30, es el ideal para el ciclo típico de conducción de autobuses de la ciudad de Loja, con una desviación de 0.1574. Se analizó las diferentes energías que actúan en la rueda del autobús como: Resistencia aerodinámica (Fd) con 0,88kWh equivalente al 1.84%, Resistencia a la rodadura (Rx) con 4.11kWh equivalente al 8.60%, Resistencia a la pendiente (Rg) con 26.90 kWh equivalente al 56.20%, Resistencia a la inercia (Ri) con 15,96 kWh equivalente al 33.35%; que sumadas entre sí nos da una energía consumida en rueda del autobús del 47,86 kWh equivalente al 100%. Dándonos a entender que la resistencia a la pendiente (Rg) es la mayor carga energética del autobús que tiene que vencer; esto se da por la ubicación geográfica de la ciudad de Loja que pertenece a la región sierra del Ecuador, ya que la elevación de la ruta L11 desde la parte baja hasta la parte alta es de 401m. los automotores que recorran esta ciudad tienen que vencer la resistencia a la pendiente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda respetar las señales de tránsito y velocidades establecidas durante el levantamiento de datos para que la muestra obtenida sea similar en cada viaje y tener una evaluación más precisa de cada ruta.
- Se sugiere examinar el recorrido de la ruta, para no tener inconvenientes a la hora de la recolección de datos; ya que puede haber mantenimiento de vías, cambio de alumbrado, etc. que puedan interferir al momento de evaluar los datos.
- Realizar una prueba de verificación de la instrumentación antes de la recolección de datos; para no tener inconvenientes en el trayecto de la ruta.
- Se recomienda que el manejo del vehículo para la obtención de la muestra, la realice la misma persona ya que la forma de conducir varía entre conductores; y podría darnos diferentes resultados entre rutas.

GLOSARIO

ECU:	Unidad de Control Electrónico.
PID:	Identificador de parámetros.
CAD:	Diseño asistido por computadora.
NEDC:	New European Driving Cycle.
ANT:	Agencia nacional de Tránsito.
INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
OBD II:	Diagnostico a bordo II.
ARTEMIS:	Evaluación y confiabilidad de los modelos y sistemas de inventario de las emisiones procedentes de los transportes.
FTP:	Procedimiento de prueba federal.
GPS:	Sistema de posición global.
NTE:	Norma Técnica Ecuatoriana.
SAE:	Sociedad de Ingenieros Automotrices.
EUDC:	Ciclo de conducción extraurbano europeo.
D.M.Q:	Distrito Metropolitano de Quito.
UEDC:	Ciclo de conducción de emisiones urbano desarrollado en Sídney.

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: 2023-01-12]. 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: 16 de noviembre 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/13823/1/65T00342.pdf>
3. **CHARLIE, Constant & ROMAIN, Nicolas.** *The different driving cycles.* [En línea]. [blog]. [Consulta: 16 de noviembre 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: 2023-11-16]. 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: 2023-11-16]. 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: 2024-01-16]. 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: 2023-11-16]. 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: noviembre 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: 2023-11-16]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6350/1/12518.pdf>
12. **NTE INEN 1668,** “Vehículos de transporte público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovinciales. Requisitos,” Annu. B. INEN, no. VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE PASAJEROS INTRARREGIONAL, INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL. REQUISITOS, p. 34, 2015
13. **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: 2023-11-16]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16011/1/65T00403.pdf>

14. 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: 2023-11-16]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15032/1/UPS-CT007421.pdf>

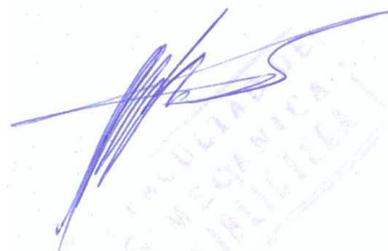
15. QUINCHIMBLA PISUÑA, Freddy Eduardo & SOLÍS SANTAMARÍA, Javier Milton.

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 José & 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: 2024-01-22]. 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 de noviembre 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)



Total: 17 referencias bibliográficas.

ANEXOS

ANEXO A: L11 DEL CONSORCIO DE LA CIUDAD DE LOJA (VISTA FRONTAL).



ANEXO B: L11 CONSORCIO DE LA CIUDAD DE LOJA (VISTA LATERAL).



ANEXO C: ESPECIFICACIONES DE RUEDA DE AUTOBUSES DEL CONSORCIO DE LA CIUDAD DE LOJA.



ANEXO D: FICHA TÉCNICA DEL MODELO DE AUTOBÚS AK8JRSA

MODELO: AKBUS - AK8JRSA

Motor	Especificaciones
Marca / Modelo	HINO JOBE UD
Nivel de emisiones	EURO 3
Cilindraje	7.684 cm ³
Potencia	247 Hp @ 2.500 Rpm
Torque máximo	75.4 Kgf.m @ 1.500 Rpm
Nº de cilindros	6 En línea
Sistema de válvulas	OHV - Válvulas
Sistema de combustible	Inyección electrónica - Riél común
Sistema de admisión de aire	Turbo - Intercooler
Distribución	Engranajes
Transmisión	Especificaciones
Marca / modelo	Hino / MF06S
Tipo	Manual
Número de marchas	6 + Reversa
Relación	
1.ª	8.189
2.ª	5.340
3.ª	3.076
4.ª	1.936
5.ª	1.341
Rev.	7.999
Relación del diferencial	4.625 / 37 a 8
Embrague	Mando hidroneumático / Disco seco Ø 380 Mm
Sistema de combustible	Especificaciones
Tipo de combustible	Diésel
Tipo de inyección	Directa
Filtro de combustible	Filtro primario y secundario con retención de agua
Capacidad del tanque	300L / 79,30 Gal
Sistema de lubricación	Especificaciones
Tipo	Lubricación mediante bomba de aceite
Filtro de aceite	Flujo total y Bypass
Capacidad de aceite	13,5 L / 3,56 Gal
Sistema de refrigeración	Especificaciones
Tipo	Presurizado con termostato
	Bomba centrífuga / radiador con tapa
Ventilador	Tipo embrague
Neumáticos	Especificaciones
Medidas	295/80 R 22.5 -16
Aro rueda frontal	Metal
Aro rueda posterior	Metal
Material del rin	Acero
Ejes	Especificaciones
Eje delantero	Tipo Viga "I" Elliot Inversa reforzada
Eje posterior	Reducción y Velocidad Sencilla por engranajes hipoides

Dimensiones	Especificaciones	Simbología
Longitud total	11.140 Mm	OL
Ancho total	2.445 Mm	OW
Alto total	2.100 Mm	OH
Distancia entre ejes	5.800 Mm	WB
Voladizo delantero	1.990 Mm	FO
Voladizo posterior	3.350 Mm	RO
Trocha del eje delantero	2.035 Mm	FT
Trocha eje posterior	1.840 Mm	RT
Radio de giro	9.500 Mm	
Espacio de carga útil	N/A	
Pesos y capacidades	Especificaciones	
Capacidad del eje delantero	6.500 Kg	
Capacidad del eje posterior	9.200kg	
Peso bruto vehicular	*14.200 Kg	
Peso vacío	4.890 Kg	
Capacidad de carga	*9.310 Kg	
Suspensión	Especificaciones	
Delantera	Ballestas semielípticas con amortiguadores de doble acción y estabilizadores	
Posterior	Ballestas semielípticas con amortiguadores de doble acción y estabilizadores	
Dirección	Dirección hidráulica con bolas recirculantes Tipo Integral	
Frenos	Especificaciones	
Tipo	100% Aire circuito dual	
Servicio Delantero	Tambor Zapatas regulación automática	
Posterior	Tambor Zapatas regulación automática	
Sistema de control	ABS (control electrónico)	
Freno de estacionamiento	De resorte actuando en las ruedas posteriores	
Freno auxiliar	Control Electroneumático con restricción a la salida de escape, Retardador electromagnético (opcional)	
Estilo de cabina	Especificaciones	
Estilo de cabina	N/A	
Cinturón de seguridad 3 puntos	N/A	
Alternador	24 V / 50 Amp	
Batería (2)	12 V c/u	
Vidrios eléctricos	N/A	
Bloqueo central	N/A	
Audio / mp3	N/A	
Cámara de retro	N/A	
A/C	N/A	
Asiento con suspensión	N/A	
Neblineros	N/A	
PTO	N/A	
Opción de color	N/A	

(*) Homologado en Ecuador





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

Fecha de entrega: 31/07/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: JOSÉ DANIEL GUILLAS PAQUI PAÚL ANDRÉS SAMANIEGO MARÍN
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
Título a optar: INGENIERO AUTOMOTRIZ
 Ing. Javier Milton Solís Santamaría, MSc. Nombres y Apellidos Director del Trabajo de Titulación  Ing. Ángel José Quevedo Ríos Nombres y Apellidos Asesor del Trabajo de Titulación