



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“CONSTRUCCIÓN DEL CICLO DE CONDUCCIÓN EN LA  
CARRETERA AMBATO-RIOBAMBA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR**

**DAVID RICARDO LLERENA VITERI**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“CONSTRUCCIÓN DEL CICLO DE CONDUCCIÓN EN LA  
CARRETERA AMBATO-RIOBAMBA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTOR: DAVID RICARDO LLERENA VITERI**

**DIRECTOR: ING. PAÚL ALEJANDRO MONTUFAR PAZ**

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, David Ricardo Llerena Viteri

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.

Yo, David Ricardo Llerena Viteri, 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 autor asumo 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, 21 de julio de 2022



**David Ricardo Llerena Viteri**

**180469184-6**

**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 de Investigación, **DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CICLOS DE CONDUCCIÓN EN LA CARRETERA AMBATO RIOBAMBA**, realizado por el señor: **DAVID RICARDO LLERENA VITERI**, 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 del Tribunal autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos

2022/07/15

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Paúl Alejandro Montufar Paz

2022/07/15

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno Pallares

2022/07/15

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de investigación de manera muy especial con mucho amor y cariño a la mujer de mi vida, a la que, sin ella no sería nada en este mundo, mi madre, Mirian Viteri.

David

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, por estar ahí apoyándome incondicionalmente pese a todo durante estos largos años, para lograr alcanzar esta meta tan ansiada.

A mis abuelos maternos, Leopoldo Viteri (†) & Nelly Llerena, que han estado siempre pendientes de mí y de mis hermanas siempre con su amor y consejos.

A mis hermanas, Valeria & Katherine por estar siempre juntos, por su ayuda y motivación a lo largo de mi vida.

A mi tío, Edwin Viteri y su Hija Fernanda Viteri por poner a disposición su vehículo para poder realizar este trabajo de investigación.

A la ESPOCH por darme la oportunidad de estudiar en su hermoso campus y ser un profesional más de esta Gran Institución.

A la carrera de Ingeniería Automotriz y su equipo docente que formaron parte de este periodo de entrenamiento para la vida ocupacional, en especial al Ing. Juan Carlos Castelo por su motivación y confianza en esta etapa y al Ing. Elvis Argüello por sus consejos y apoyo hasta el final de la carrera.

Al Ing. Paúl Montufar, por depositar su confianza en mí, en calidad de tutor no solo en este trabajo de investigación sino también cuando he tenido la oportunidad de ser su alumno en sus asignaturas.

A mis compañeros José Santillán y Bryan Manyá que nos hemos apoyado en cualquier proyecto o dificultad y que a pesar de no hacer iguales el trabajo de titulación me han ayudado con su persona y auto para la recolección de datos.

A mi compañero José Plaza que gracias a su investigación colaboró con un algoritmo para la obtención de Ciclos de Conducción, facilitando en gran medida mi trabajo.

David

## TABLA DE CONTENIDO

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

### CAPÍTULO I

<b>1</b>	<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1</b>	<b>Planteamiento del Problema .....</b>	<b>2</b>
<i>1.1.1</i>	<i>Problema .....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Límites del Problema.....</i>	<i>3</i>
<b>1.2</b>	<b>Justificación .....</b>	<b>3</b>
<i>1.2.1</i>	<i>Justificación teórica .....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.2</i>	<i>Justificación metodológica .....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.3</i>	<i>Justificación Práctica.....</i>	<i>3</i>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<i>1.3.1</i>	<i>Objetivo General.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>4</i>
<b>1.4</b>	<b>Hipotesis .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5</b>	<b>Marco Teórico .....</b>	<b>4</b>
<i>1.5.1</i>	<i>Ciclos de conducción.....</i>	<i>4</i>
<i>1.5.2</i>	<i>Ciclos de conducción en los Estados Unidos de América.....</i>	<i>5</i>
<i>1.5.3</i>	<i>Ciclos de ensayo FTP 72.....</i>	<i>6</i>
<i>1.5.4</i>	<i>Ciclos de ensayo FTP 75.....</i>	<i>7</i>
<i>1.5.5</i>	<i>Ciclos de Conducción en la Unión Europea .....</i>	<i>9</i>



1.5.5.1	<i>Ciclo transitorio ECE 15 + EUDC para vehículos de pasajeros</i> .....	9
1.5.5.2	<i>Ciclo NEDC (New European Driving Cycle)</i> .....	12
1.5.5.3	<i>Ciclo ARTEMIS</i> .....	14
<b>1.5.6</b>	<b><i>Ciclos de Conducción Japonés</i></b> .....	<b>16</b>
1.5.6.1	<i>Ciclo MODO 10-15</i> .....	16
1.5.6.2	<i>Ciclo JC08</i> .....	16
<b>1.5.7</b>	<b><i>Ciclos de Conducción en Latinoamérica</i></b> .....	<b>17</b>
<b>1.5.8</b>	<b><i>Ciclo de conducción para la ciudad de México</i></b> .....	<b>17</b>
<b>1.5.9</b>	<b><i>Ciclo de conducción en Bogotá, Colombia</i></b> .....	<b>19</b>
<b>1.5.10</b>	<b><i>Ciclo de Conducción en San José, Costa Rica</i></b> .....	<b>20</b>
<b>1.5.11</b>	<b><i>Ciclo de Conducción en Santiago de Chile, Chile</i></b> .....	<b>22</b>
<b>1.5.12</b>	<b><i>Ciclos de Conducción en el Ecuador</i></b> .....	<b>24</b>
1.5.12.1	<i>Ciclo de Conducción del Distrito Metropolitano de Quito</i> .....	24
1.5.12.2	<i>Ciclo de conducción en la ciudad de Riobamba</i> .....	28
<b>1.5.13</b>	<b><i>Técnicas de Instrumentación y Parámetros para el Desarrollo de los Ciclos de Conducción</i></b> .....	<b>30</b>
1.5.13.1	<i>Técnica On-Board</i> .....	30
1.5.13.2	<i>Técnica de persecución del vehículo</i> .....	31

## **CAPÍTULO II**

<b>2</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>34</b>
<b>2.1</b>	<b>Metodología</b> .....	<b>34</b>
2.1.1	<i>Método Directo</i> .....	34
2.1.2	<i>Método Indirecto</i> .....	34
<b>2.2</b>	<b>Selección de la Ruta.</b> .....	<b>36</b>
<b>2.3</b>	<b>Selección de vehículos e instrumentación</b> .....	<b>38</b>
2.3.1	<i>Selección de vehículos</i> .....	38
<b>2.4</b>	<b>Instrumentación</b> .....	<b>39</b>
2.4.1	<i>El analizador de emisiones Maha Met 6,3</i> .....	39

2.4.2	<i>La interfaz ELM 327</i> .....	40
2.5	<b>Selección de criterios de evaluación</b> .....	41
2.5.1	<i>Obtención de datos</i> .....	43
2.5.2	<i>Filtrado de datos</i> .....	44
2.5.3	<i>Base de datos</i> .....	44

### **CAPÍTULO III**

<b>3</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	46
<b>3.1</b>	<b>Ciclo de conducción en Carretera</b> .....	46
<b>3.2</b>	<b>Ciclo de conducción Urbano</b> .....	48
<b>3.3</b>	<b>Consumo de Combustible</b> .....	49
<b>3.4</b>	<b>Emisiones en función de la altitud.</b> .....	53

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	55
--	---------------------------	----

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	56
--	------------------------------	----

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Parámetros del Ciclo FTP 72.....	6
<b>Tabla 2-1:</b>	Parámetros del ciclo FTP 75.....	8
<b>Tabla 3-1:</b>	Parámetros del Ciclo ECE 15 + EUDC .....	11
<b>Tabla 4-1:</b>	Parámetros del Ciclo NEDC.....	13
<b>Tabla 5-1:</b>	Parámetros de las configuraciones del ciclo ARTEMIS .....	15
<b>Tabla 6-1:</b>	Características del Ciclo MODO 10-15.....	16
<b>Tabla 7-1:</b>	Características del Ciclo JC08.....	17
<b>Tabla 8-1:</b>	Parámetros obtenidos de los ciclos en ciudad de México.....	18
<b>Tabla 9-1:</b>	Parámetros de los ciclos de conducción en Bogotá.....	20
<b>Tabla 10-1:</b>	Parámetros obtenidos del ciclo de conducción SJDC.....	21
<b>Tabla 11-1:</b>	Comparación de las Características de las Mediciones de los Ciclos CAS y STD .....	23
<b>Tabla 12-1:</b>	Parámetros obtenidos en los Ciclos de Conducción para el Distrito metropolitano de Quito.....	26
<b>Tabla 13-1:</b>	Parámetros del Ciclo representativo de la ciudad de Cuenca .....	27
<b>Tabla 14-1:</b>	Parámetros característicos del Ciclo de conducción de Riobamba.....	28
<b>Tabla 15-1:</b>	Características principales del ciclo FTP 75.....	31
<b>Tabla 16-1:</b>	Características del ciclo LA 92.....	32
<b>Tabla 1-2:</b>	Especificaciones técnicas del analizador. ....	39
<b>Tabla 2-2:</b>	Emisiones reportadas por el analizador Maha Met 6.3.....	40
<b>Tabla 3-2:</b>	Fórmulas del cálculo de parámetros característicos del ciclo de conducción.....	42
<b>Tabla 1-3:</b>	Parámetros de muestra y ciclo de conducción representativo .....	47
<b>Tabla 2-3:</b>	Parámetros de muestra y ciclo de conducción representativo .....	49

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1:</b>	Ciclo de ensayo FTP 72 .....	6
<b>Ilustración 2-1:</b>	Ciclo de ensayo FTP 75 .....	8
<b>Ilustración 3-1:</b>	Ciclo ECE 15 + EUDC .....	10
<b>Ilustración 4-1:</b>	ECE 15 .....	10
<b>Ilustración 5-1:</b>	EUDC .....	11
<b>Ilustración 6-1:</b>	Ciclo de conducción NEDC (New European Driving Cycles) .....	13
<b>Ilustración 7-1:</b>	Ciclo de conducción Urbano Artemis .....	14
<b>Ilustración 8-1:</b>	Ciclo de conducción Rural Artemis .....	15
<b>Ilustración 9-1:</b>	Ciclo de conducción Artemis de autopista a 130 y 150 Km/h .....	15
<b>Ilustración 10-1:</b>	Ciclo JP 10-15 MODE .....	16
<b>Ilustración 11-1:</b>	Ciclo JC08 .....	17
<b>Ilustración 12-1:</b>	Ciclo de la Ciudad de México en la Zona Noroeste .....	18
<b>Ilustración 13-1:</b>	Ciclo de la ciudad de México en la zona noreste .....	18
<b>Ilustración 14-1:</b>	Ciclo de la ciudad de México en la zona centro .....	18
<b>Ilustración 15-1:</b>	Ciclo de conducción en Bogotá para motos .....	19
<b>Ilustración 16-1:</b>	Ciclo de Conducción en Bogotá para el SITP .....	19
<b>Ilustración 17-1:</b>	Ciclo de conducción en Bogotá para buses de transMilenio .....	20
<b>Ilustración 18-1:</b>	Ciclo de conducción de San José de Costa Rica (SJDC) .....	21
<b>Ilustración 19-1:</b>	Tazas experimentales en el Ciclo de Conducción De Santiago (CAS30) ..	23
<b>Ilustración 20-1:</b>	Ciclo de conducción para Ciudad del DMQ .....	25
<b>Ilustración 21-1:</b>	Ciclo de conducción para carretera del DMQ .....	25
<b>Ilustración 22-1:</b>	Ciclo de conducción Combinado del DMQ .....	25
<b>Ilustración 23-1:</b>	Ciclo de Conducción representativo para la ciudad de Cuenca .....	27
<b>Ilustración 24-1:</b>	Ciclo de Conducción Obtenido para la Ciudad de Riobamba .....	28
<b>Ilustración 25-1:</b>	Ciclo de conducción FTP 75 .....	31
<b>Ilustración 26-1:</b>	Ciclo de Conducción Dinamométrico LA 92 .....	32
<b>Ilustración 1-2:</b>	Ciclo de Conducción FTP-75 Método Directo .....	34
<b>Ilustración 2-2:</b>	Ciclo de conducción NEDC Método Indirecto .....	35
<b>Ilustración 3-2:</b>	Metodología de desarrollo de ciclos de conducción .....	36
<b>Ilustración 4-2:</b>	Mapa de la zona tres del Ecuador .....	37
<b>Ilustración 5-2:</b>	Ruta de prueba Ambato-Riobamba .....	38
<b>Ilustración 6-2:</b>	Escáner ELM 327 .....	41
<b>Ilustración 7-2:</b>	Aplicación Android TorquePro .....	41

<b>Ilustración 8-2:</b>	Base de datos obtenida.....	45
<b>Ilustración 1-3:</b>	Ciclo de conducción en carretera.....	47
<b>Ilustración 2-3:</b>	Ciclo de conducción en área urbana .....	48
<b>Ilustración 3-3:</b>	Consumo de combustible en el tramo de carretera. ....	50
<b>Ilustración 4-3:</b>	Consumo de combustible en el tramo de carretera. ....	51
<b>Ilustración 5-3:</b>	Consumo de combustible en el tramo urbano Ambato .....	52
<b>Ilustración 6-3:</b>	Consumo de combustible.....	52
<b>Ilustración 7-3:</b>	Emisiones de CO en función de las RPM.....	53
<b>Ilustración 8-3:</b>	Emisiones de CO2 en función de la Altitud.....	54

## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** MODELO DE ENCUESTA

**ANEXO B:** LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

## RESUMEN

La finalidad de este proyecto de investigación fue construir el ciclo de conducción representativo para la carretera Ambato-Riobamba, mediante la reproducción de factores y parámetros de operación tales como la velocidad del vehículo, el consumo de combustible como también las emisiones generadas por el vehículo cada segundo. Para lo cual se utilizó el método directo que consiste en la selección de un recorrido real que presenta curvas experimentales obtenidas bajo las condiciones de un lugar específico, para la utilización de este método se divide el método en tres situaciones como son selección de vehículos, selección de ruta e instrumentación. Para la recolección de datos se utilizó la técnica conocida como *On board* que significa a bordo, ya que fue la más confiable en el transcurso de toma de datos. Para la construcción del ciclo de conducción se tuvo presente las fases de recolección de datos por lo que se generó dos Ciclos de Conducción Representativos delimitados por un tramo urbano y un tramo en carretera, logrando obtener la base de datos para la construcción de los Ciclos de Conducción. Posteriormente logrando construir el ciclo de conducción representativo para la carretera que conectaba las ciudades antes mencionadas, mediante el algoritmo que genera ciclos de conducción a partir de parámetros específicos, sino que también se determinó un ciclo urbano. Para implementar los equipos de medición fue necesario realizar un mantenimiento en especial al analizador de gases ya que es necesario limpiar antes de cualquier medición, además del cambio de filtros para evitar que las mediciones tengan alteraciones.

**Palabras clave:** <CICLO DE CONDUCCION> <CONSUMO DE COMBUSTIBLE>  
<EMISIONES CONTAMINANTES> <BASE DE DATOS> <MEDICION> <ANALIZADOR DE GASES>

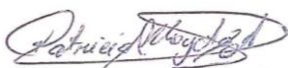
0660-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The objective of this research project was to construct a representative driving cycle for the Ambato-Riobamba highway by reproducing operational factors and parameters such as vehicle speed, fuel consumption, and emissions generated by the vehicle every second. The direct method was employed, which involves selecting a real route that exhibits experimental curves obtained under the conditions of a specific location. This method is divided into three situations: vehicle selection, route selection, and instrumentation. The Onboard technique was used for data collection as it was the most reliable during data acquisition. For the construction of the driving cycle, the data collection phases were taken into account, generating two representative driving cycles delimited by an urban section and a highway section, obtaining the database for the construction of the driving cycles. Subsequently, the representative driving cycle for the highway connecting the aforementioned cities was constructed using an algorithm that generates driving cycles from specific parameters. An urban cycle was also determined. To implement the measuring equipment, it was necessary to perform maintenance, especially on the gas analyzer, as it is necessary to clean it before any measurement, in addition to changing filters to prevent measurement alterations.

Keywords: <DRIVING CYCLE>, <FUEL CONSUMPTION>, <POLLUTANT EMISSIONS>, <DATABASE>, <GAS ANALYZER>.



Lic. Patricia Moyota A. Mgs.

0603611013



## INTRODUCCIÓN

Conscientes de la rápida evolución del campo automotriz, teniendo un crecimiento exponencial cada año, provocando el desarrollo de nuevas tecnologías en este campo que sean capaces de soportar la demanda de altos estándares de calidad y además sean eco-amigables. En países desarrollados desde hace algunos años ya se han implementado políticas que deben cumplir los fabricantes para la libre circulación de sus modelos en beneficio del ecosistema.

En países de América Latina que se encuentran en vías de desarrollo económico como el nuestro Ecuador, el rápido aumento del patio automotor provoca un fuerte impacto en la contaminación por emisiones generadas por vehículos, al depender todavía de combustibles fósiles. Es por eso que la Ley de Eficiencia Energética Ecuatoriana, tiene como prioridad incentivar a empresas o personas que desarrollen sistemas más limpios para el transporte.

La información que se tiene acerca del comportamiento de un automotor nos permite tener indicadores que se adapta a la generación de un ciclo de conducción, muchos países alrededor del mundo ya estudian ciclos de conducción representativos para cada localidad a fin de generar tecnologías que mitiguen la contaminación producto de la combustión del vehículo.

En el primer capítulo de este proyecto de investigación se da a conocer los ciclos de conducción más representativos a nivel mundial como en los Estados Unidos de Norte América, la Unión Europea, Japón, México, y algunos países de Sudamérica y el Caribe. Además, de los parámetros característicos de los ciclos que demuestra las características de conducción.

En el segundo capítulo daremos a conocer la metodología para la instrumentación y recolección de datos, también como se seleccionó la ruta en carretera que es la base del análisis de la obtención de ciclos de conducción, características de cada equipo utilizado, el estudio previo para la selección de los vehículos de pruebas.

En el tercer capítulo trataremos sobre la obtención del ciclo de conducción representativo para carretera y urbano, ya que se realizó recorridos combinados entre ciudad y carretera, los parámetros específicos que resultan del análisis del ciclo y la interpretación de los resultados, además del análisis de datos de emisiones generadas por vehículo.

## CAPÍTULO I

### 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En este capítulo se muestra los aspectos más importantes en cuanto a ciclos de conducción en el mundo referente al marco teórico tales como definiciones, clases, tipos y su desarrollo. Tomando en cuenta la metodología de la elaboración de cada uno de los ciclos de conducción y equipos que se requirieron para la obtención de datos y construcción de los ciclos.

La creciente conciencia ecológica desarrollada en los últimos veinte años obliga a los fabricantes a cumplir con las nuevas regulaciones que son más estrictas al paso de los años para el control de las emisiones contaminantes en vehículos.

#### 1.1 Planteamiento del Problema

El rápido aumento del patio automotor en las ciudades del país provoca un fuerte impacto en la contaminación por emisiones generadas por vehículos.

Según el último informe de la Agencia Internacional de Energía (IEA), el sector del transporte genera el 30% de las emisiones de efecto invernadero al medio ambiente y el sector automotor consume un aproximado del 40% de la energía mundial (IEA, 2017).

Se han impuesto medidas cada vez más estrictas para los fabricantes de vehículos con el fin de desarrollar e implementar nuevas tecnologías para que los nuevos vehículos tengan un comportamiento más respetuoso con el medio ambiente.

Poco se sabe acerca del rendimiento real de los vehículos en países de América Latina, caracterizados por su ubicación a grandes altitudes con respecto al mar (por ejemplo, Quito: 2850msnm, Bogotá: 2651msnm, Ciudad de México: 2240msnm, Cuzco: 3990msnm) y altos niveles de congestión vehicular. Altitud y congestión desencadena en una reducción en la eficiencia del motor. (Montúfar Paz, Padilla Abad, Quinga, & Razo Cifuentes, 2019).

En vista del impacto que tiene la altitud a la que el trabajan los vehículos sobre el consumo del combustible y las emisiones, es relevante recopilar información simultanea sobre estos dos factores. Sin embargo, las medidas realizadas a 2500msnm son escasas (Lapuerta, Armas, Agudelo, & Agudelo, 2006).

Teniendo en cuenta la falta de estudios respecto a este tema, este proyecto de investigación se orienta a la obtención del ciclo de conducción ideal mediante recolección de datos en ruta para determinar el ciclo de conducción representativo, el consumo de combustible y las emisiones generadas por un vehículo en la carretera a grandes altitudes.

### ***1.1.1 Problema***

¿Los datos obtenidos por un dispositivo OBDII y un analizador de gases permitirá generar un ciclo de conducción representativo para la ruta en carretera que conecta las ciudades de Ambato y Riobamba?

### ***1.1.2 Límites del Problema***

Objeto de estudio: Ciclo de Conducción

Campo de estudio: Consumo y Emisiones

Límite espacial: Carretera Ambato-Riobamba

Límite temporal: 2021

## **1.2 Justificación**

### ***1.2.1 Justificación teórica***

Este trabajo de investigación se realiza con la intención de determinar el ciclo de conducción representativo para la carretera Ambato-Riobamba y con el fin de poner en pie la investigación para posteriores trabajos generando soluciones que reduzcan el consumo y las emisiones.

### ***1.2.2 Justificación metodológica***

Por medio del presente trabajo se piensa determinar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes de los vehículos en la ruta antes mencionada a través de la investigación de campo mediante la técnica a bordo.

### ***1.2.3 Justificación Práctica***

El presente trabajo se justifica en el ámbito práctico ya que esta investigación se puede utilizar para el desarrollo de nuevas tecnologías que pueden desarrollar para mejorar la eficiencia energética en esta ruta.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo General***

Obtener el ciclo de conducción representativo para la carretera Ambato-Riobamba ubicada en la zona centro del país.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- Determinar cómo afecta la altitud en el consumo de combustible de los vehículos que circulan por la carretera Ambato-Riobamba.
- Determinar cómo se comporta el consumo de combustible en función de la velocidad dentro de las ciudades planteadas.
- Analizar el comportamiento de las emisiones en el tramo en carretera del ciclo de conducción desarrollado.

### **1.4 HIPÓTESIS**

El ciclo de conducción en la carretera Ambato-Riobamba permite obtener datos de consumo de combustible y emisiones contaminantes en base a las características geográficas.

### **1.5 Marco Teórico**

#### ***1.5.1 Ciclos de conducción***

El ciclo de conducción es una gráfica estadística de la velocidad en ese instante con respecto al tiempo, obtenido dentro de un área determinada (Osses & Rojas, 2003).

Un patrón de conducción expresa la forma en que los conductores, en promedio, conducen en una región determinada (Huertas, 2018a). Un ciclo de conducción es una serie temporal de velocidades que describe este patrón de conducción (Tong & Hung, 2010), y que cuando es seguido por un vehículo, su consumo de energía y las emisiones del tubo de escape son similares al consumo

medio de energía y las emisiones del tubo de escape de todos los vehículos de tecnología similar operando en la misma región (Giraldo & Huertas, 2019; Huertas, J.I.; Díaz, J.; Cordero, D.; Cedillo, K, 2018b).

Los ciclos de conducción se utilizan principalmente para medir y comparar el consumo de energía de los vehículos y las emisiones del tubo de escape (Bishop, Axon, & McCulloch, 2012). Por lo tanto, la representatividad del patrón de conducción local es la cuestión clave de un ciclo de conducción. Tanto los patrones de conducción como los ciclos de conducción pueden describirse mediante parámetros característicos (Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007) Se han desarrollado diferentes ciclos de conducción para vehículos livianos, furgonetas, camiones, autobuses y motocicletas (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009).

Los ciclos de conducción se dividen en dos, de acuerdo a como se efectúa, en donde se encuentra:

- Ciclo de conducción legislativo (es decir, homologado): Pretende demostrar el desempeño energético ambiental del vehículo a nivel local para que este pueda venderse en su jurisdicción. Ejemplos: WLTC, NEDC, FTP75 Y J10-15 (Tong & Hung, 2010).
- Ciclo de conducción no legislativo (es decir, bajo condiciones reales): Es generalmente llamado ciclo de conducción real, ya que su propósito es describir cómo se conducen los vehículos en la ciudad y su impacto. Ejemplos: Ciclo de conducción de Hong Kong (Lyu, Bao, Wang, & Matthews, 2020) y Ciclo urbano de Seúl.

La mayoría de países han estado utilizando como homologación ciclos de los enumerados anteriormente, que fueron desarrollados por otros países con hábitos de conducción y circunstancias completamente diferentes a las locales. Como consecuencia, los usuarios han informado sobre importantes diferencias entre los valores informados por los fabricantes y los observadores de su uso diario (Al-Samari, 2017).

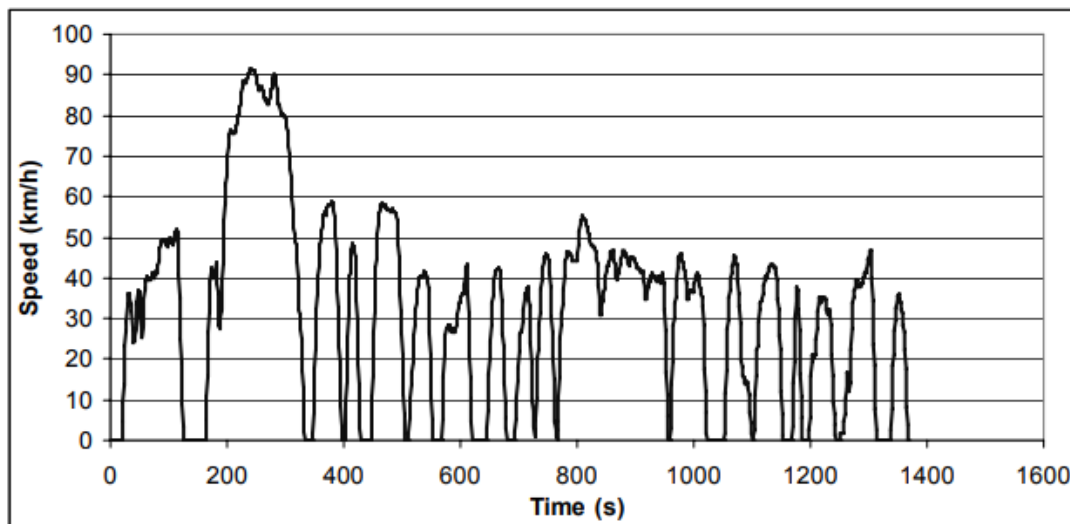
### **1.5.2 Ciclos de conducción en los Estados Unidos de América.**

En los Estados Unidos de América, se determinó uno de los ciclos de conducción más importantes del mundo como FTP (Federal Test Procedure), de la cual se deriva el FTP 72 y el FTP 75, estos ciclos son de carácter gubernamental, su creación fue por motivo de dar mayor control a las emisiones de gases contaminantes provenientes de los automotores en el país mencionado (Hurtado Gómez, 2014).

### 1.5.3 Ciclos de ensayo FTP 72.

La denominación del ciclo FTP-72 se conoce también como UDDS por sus siglas en inglés (Urban Dynamometer Driving Schedule) o ciclo LA-4. Simula una ruta o trayecto urbano de 12,07Km con paradas frecuentes. La velocidad máxima es de 91,26 Km/h y la velocidad promedio es de 31,56 Km/h.

Este ciclo posee dos fases: la primera de 505 s (5,78Km a 41,2Km/h de velocidad promedio) de la cual comienza con un arranque en frío y la segunda de 867 s. el mismo que se conoce en Australia como el ciclo ADR 27 (Australian Design Rules) y en Suecia como ciclo A10 o CVS (Constant Volume Sampler) (DieselNet, DieselNet, 2011).



**Ilustración 1-1:** Ciclo de ensayo FTP 72

**Fuente:** (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009)

Los Parámetros del Ciclo de Conducción son los siguientes:

**Tabla 1-1:** Parámetros del Ciclo FTP 72

Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
Distancia total	11996,85m	Aceleración negativa media	-0,464m/s <sup>2</sup>
Tiempo total	1369s	Desviación estándar de aceleración	0,637m/s <sup>2</sup>
Tiempo de conducción	1180s	Des. Estándar de acel. Positiva media	0,421m/s <sup>2</sup>

Tiempo de conducción acelerado	506s	Aceleración: 75-25 percentil	0,363m/s <sup>2</sup>
Tiempo de conducción desacelerado	427s	Número de aceleraciones	48
Tiempo de frenado	271s	Aceleración por kilometro	4,001/Km
Tiempo de descanso	189s	Número de paradas	14
% de tiempo conducido	86,19%	Paradas por kilometro	1,17Km
% de crucero	18,04%	Duración media de parada	13,5s
% de tiempo acelerado	36,96%	Distancia media entre paradas	856,92m
% de tiempo desacelerado	31,19%	Aceleración positiva relativa	0,1652m/s <sup>2</sup>
% de tiempo de frenado	19,80%	Energía cinética relativa	4,307m/s <sup>2</sup>
% de tiempo de descanso	13,81%	Velocidad positiva relativa	0,505
Velocidad media (viaje)	31,6Km/h	Velocidad real relativa	0,823
Velocidad de conducción media	36,6Km/h	Velocidad cuadrada relativa	13,660m/s
Desviación estándar de la velocidad	21,46Km/h	Velocidad positiva cuadrada relativa	6,658m/s
Velocidad: 75-25 percentil	34,92Km/h	Velocidad real cuadrada relativa	11,677m/s
Velocidad máxima	91,15Km/h	Velocidad cúbica relativa	218,99m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Aceleración media	0,00m/s <sup>2</sup>	Velocidad positiva cúbica relativa	103,54m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Aceleración positiva media	0,429m/s <sup>2</sup>	Velocidad real cúbica relativa	192,32m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
		Raíz cuadrada media de la aceleración	0,200m/s <sup>2</sup>

Fuente: (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009)

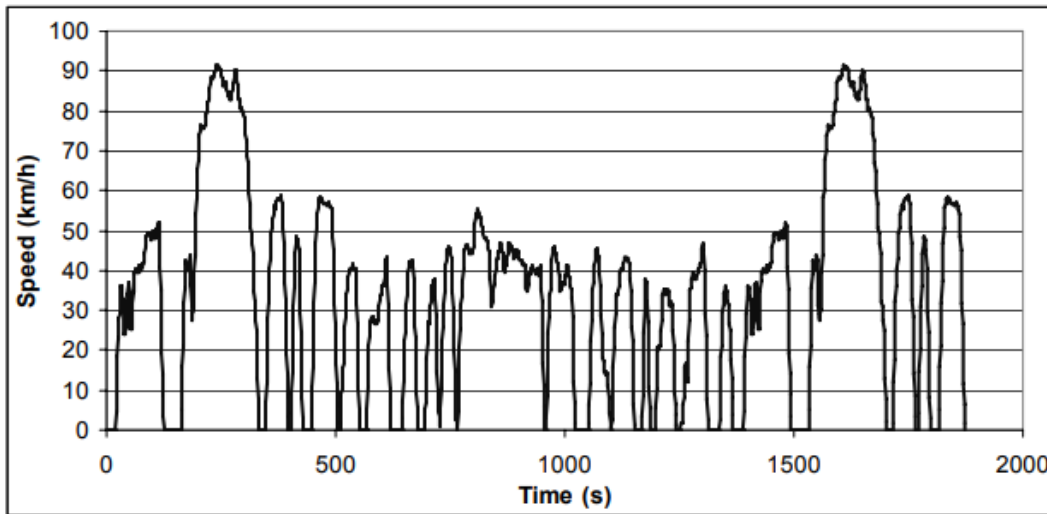
#### 1.5.4 Ciclos de ensayo FTP 75.

El Ciclo FTP-75 se deriva del FTP-72 incluyendo una tercera fase de 505s igual a la fase primera del FTP-72 pero con un arranque en caliente. Después de detener el motor durante diez minutos

comienza la tercera fase. Por tanto, todo ciclo FTP-75 consta de los siguientes segmentos: (DieselNet, DieselNet, 2011).

1. Fase de arranque en frío (temperatura ambiente 20-30 °C) de 0-505s.
2. Fase estabilizada, 506-1372s.
3. En remojo en caliente (mínimo 540s, máximo 660s).
4. Fase de arranque en caliente, 0-505s.

La recolección de datos para este ciclo de conducción fue en horas de alto tráfico en la ciudad de Los Ángeles CA en jornada matutina (Bosch, 2005).



**Ilustración 2-1:** Ciclo de ensayo FTP 75

Fuente: (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009)

Los Parámetros del Ciclo de Conducción son los siguientes:

**Tabla 2-1:** Parámetros del ciclo FTP 75

Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
Distancia total	17786,59m	Aceleración negativa media	-0,457m/s <sup>2</sup>
Tiempo total	1874s	Desviación estándar de aceleración	0,629m/s <sup>2</sup>
Tiempo de conducción	1633s	Des. Estándar de acel. Positiva media	0,423m/s <sup>2</sup>
Tiempo de conducción acelerado	683s	Aceleración: 75-25 percentil	0,358m/s <sup>2</sup>



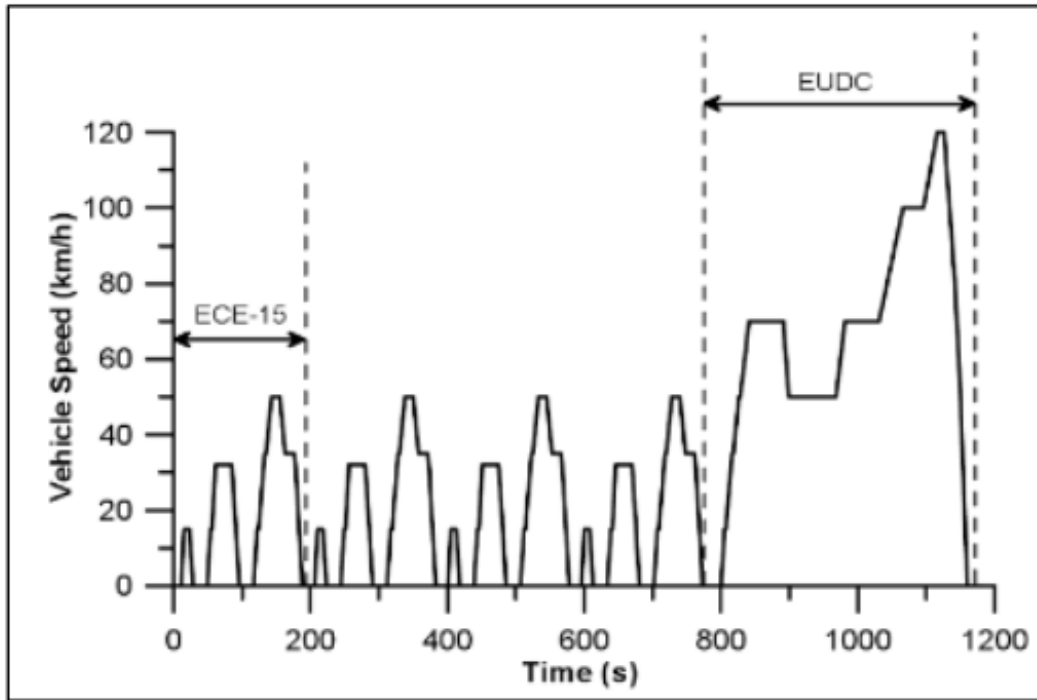
Tiempo de conducción desacelerado	574s	Número de aceleraciones	61
Tiempo de frenado	383s	Aceleración por kilometro	3,430/Km
Tiempo de descanso	241s	Número de paradas	16
% de tiempo conducido	87,14%	Paradas por kilometro	0,9Km
% de crucero	20,06%	Duración media de parada	15,06s
% de tiempo acelerado	36,45%	Distancia media entre paradas	1111,66m
% de tiempo desacelerado	30,63%	Aceleración positiva relativa	0,1613m/s <sup>2</sup>
% de tiempo de frenado	20,44%	Energía cinética relativa	4,197m/s <sup>2</sup>
% de tiempo de descanso	12,86%	Velocidad positiva relativa	0,505
Velocidad media (viaje)	34,2Km/h	Velocidad real relativa	0,816
Velocidad de conducción media	39,21Km/h	Velocidad cuadrada relativa	14,804m/s
Desviación estándar de la velocidad	23,51Km/h	Velocidad positiva cuadrada relativa	7,195m/s
Velocidad: 75-25 percentil	37,49Km/h	Velocidad real cuadrada relativa	12,575m/s
Velocidad máxima	91,09Km/h	Velocidad cúbica relativa	255,41m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Aceleración media	0,00m/s <sup>2</sup>	Velocidad positiva cúbica relativa	119,95m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Aceleración positiva media	0,420m/s <sup>2</sup>	Velocidad real cúbica relativa	222,94m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
		Raíz cuadrada media de aceleración	0,190m/s <sup>2</sup>

Fuente: (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009)

## 1.5.5 Ciclos de Conducción en la Unión Europea

### 1.5.5.1 Ciclo transitorio ECE 15 + EUDC para vehículos de pasajeros

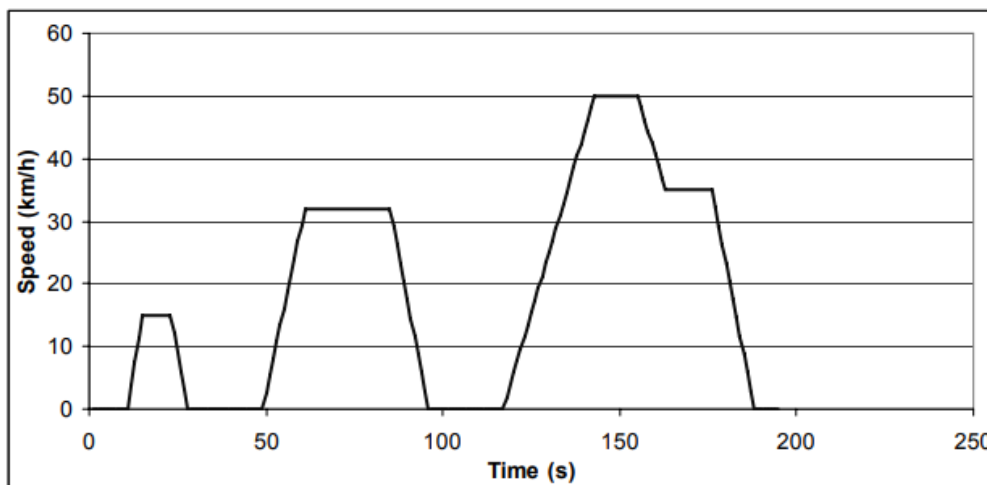
Algunos vehículos de pasajeros y camiones livianos de Europa se sometieron a pruebas mediante el ciclo ECE+EUDC, procedimiento realizado en un banco de pruebas dinamométricas (CEE90/C81/01), que comprende cuatro segmentos ECE y un segmento EUDC (European Urban Driving Cycles). (Rakopoulos & Giakoumis, 2009)



**Ilustración 3-1:** Ciclo ECE 15 + EUDC

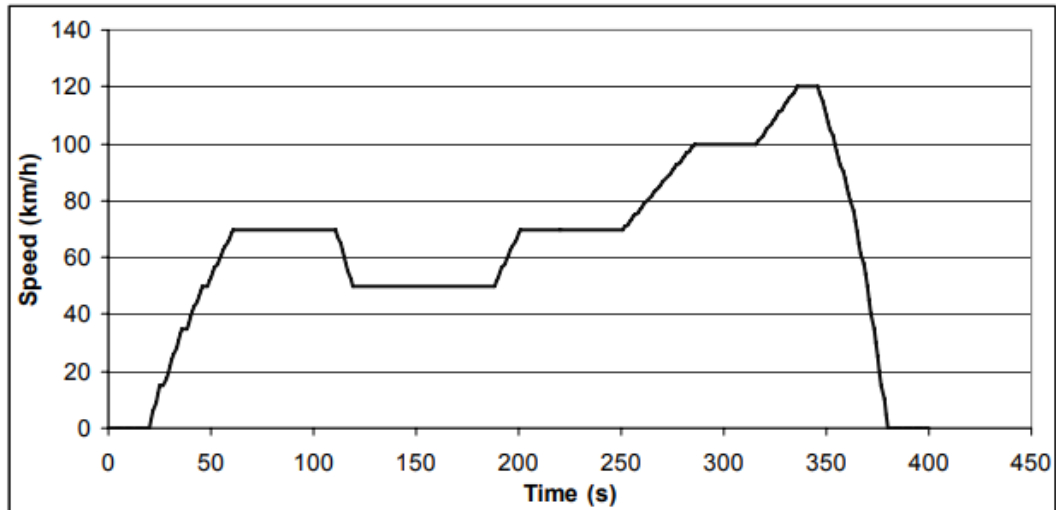
*Fuente:* (Rakopoulos & Giakoumis, 2009)

Los tres primeros segmentos que se encontraban sin interrupción corresponden a un ciclo de conducción ECE que es un ciclo urbano en condiciones de tráfico típico de Paris-Francia, se caracteriza por una velocidad relativamente baja y una carga de motor igualmente baja como se muestra en la figura 1.4, en cambio el segmento EUDC se añade después para explicar modos de conducción más agresivos, de altas velocidades como las de autopista y suburbanos, esto se muestra en la figura 1.5 (Rakopoulos & Giakoumis, 2009)



**Ilustración 4-1:** ECE 15

*Fuente:* (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009)



**Ilustración 5-1:** EUDC

Fuente: (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009)

Estos son los parámetros del ciclo ECE 15 + EUDC.

**Tabla 3-1:** Parámetros del Ciclo ECE 15 + EUDC

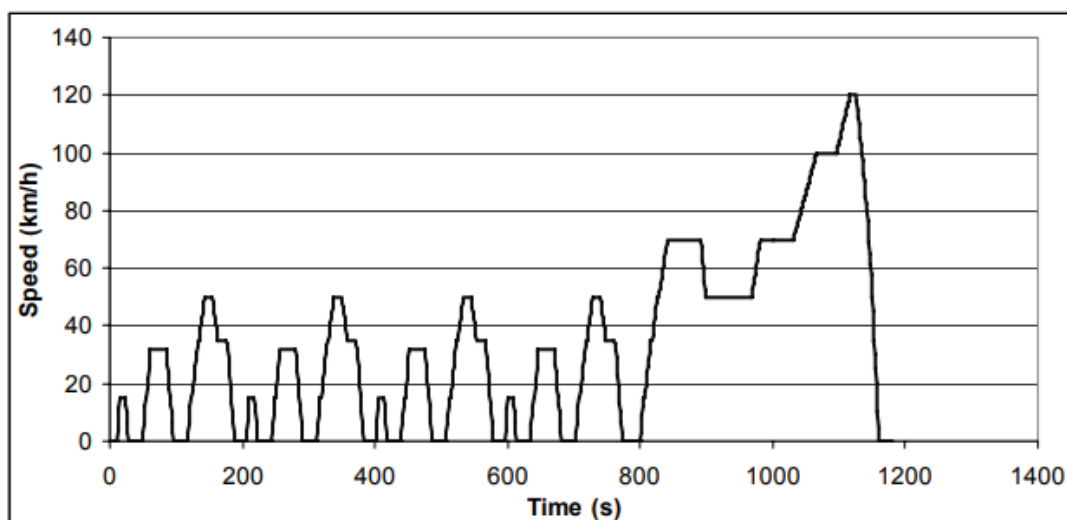
Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
Distancia total	11016,63m	Aceleración negativa media	-0,400m/s <sup>2</sup>
Tiempo total	1220s	Desviación estándar de aceleración	0,441m/s <sup>2</sup>
Tiempo de conducción	965s	Des. Estándar de acel. Positiva media	0,260m/s <sup>2</sup>
Tiempo de conducción acelerado	331s	Aceleración: 75-25 percentil	0,193m/s <sup>2</sup>
Tiempo de conducción desacelerado	241s	Número de aceleraciones	16
Tiempo de frenado	201s	Aceleración por kilometro	1,452/Km
Tiempo de descanso	255s	Número de paradas	14
% de tiempo conducido	79,10%	Paradas por kilometro	1,27Km
% de crucero	32,21%	Duración media de parada	18,21s
% de tiempo acelerado	27,13%	Distancia media entre paradas	786,9m
% de tiempo desacelerado	19,75%	Aceleración positiva relativa	0,1122m/s <sup>2</sup>

% de tiempo de frenado	16,48%	Energía cinética relativa	2,909m/s <sup>2</sup>
% de tiempo de descanso	20,90%	Velocidad positiva relativa	0,446
Velocidad media (viaje)	32,5Km/h	Velocidad real relativa	0,840
Velocidad de conducción media	41,1Km/h	Velocidad cuadrada relativa	17,223m/s
Desviación estándar de la velocidad	29,33Km/h	Velocidad positiva cuadrada relativa	7,711m/s
Velocidad: 75-25 percentil	49,54Km/h	Velocidad real cuadrada relativa	14,771m/s
Velocidad máxima	120,09Km/h	Velocidad cúbica relativa	361,85m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Aceleración media	0,00m/s <sup>2</sup>	Velocidad positiva cúbica relativa	167,97m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Aceleración positiva media	0,324m/s <sup>2</sup>	Velocidad real cúbica relativa	311,37m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
		Raíz cuadrada media de la aceleración	0,131m/s <sup>2</sup>

Fuente: (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009)

#### 1.5.5.2 Ciclo NEDC (New European Driving Cycle)

El ciclo NEDC se aplica como referencia para homologar vehículos hasta norma Euro 6. Este ciclo no representa las condiciones reales de conducción, ya que presenta aceleraciones suaves, eventos de inactividad y cruceros de velocidad constante. Es por eso que las autoridades europeas buscan reemplazar este ciclo y que satisfagan las características de distancia de 11,023Km, duración 1180s y velocidad promedio de 33,6Km/h (Calva & Flores, 2020).



**Ilustración 6-1:** Ciclo de conducción NEDC (New European Driving Cycles).

Fuente: (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009)

Estos son los parámetros del ciclo NEDC.

**Tabla 4-1:** Parámetros del Ciclo NEDC.

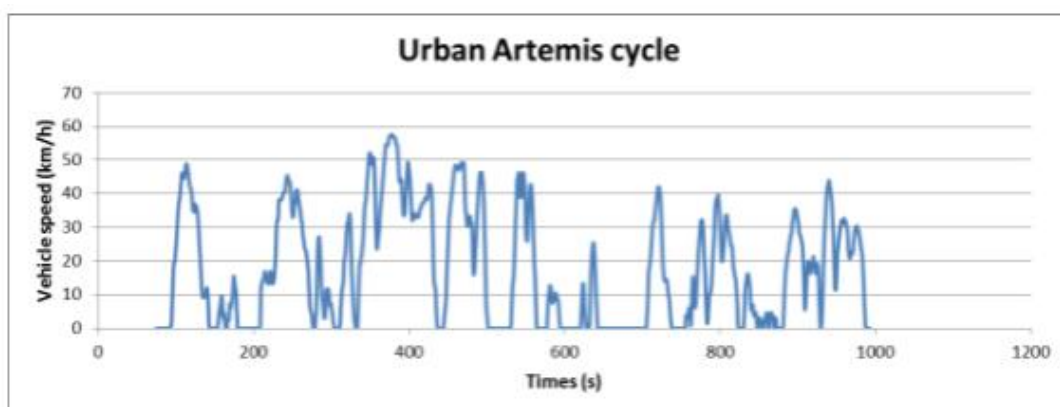
Parámetros	Valor	Parámetros	Valor
Distancia total	11016,63m	Aceleración negativa media	-0,719m/s <sup>2</sup>
Tiempo total	1180s	Desviación estándar de aceleración	0,476m/s <sup>2</sup>
Tiempo de conducción	939s	Des. Estándar de acel. Positiva media	0,243m/s <sup>2</sup>
Tiempo de conducción acelerado	278s	Aceleración: 75-25 percentil	0,00m/s <sup>2</sup>
Tiempo de conducción desacelerado	204s	Número de aceleraciones	31
Tiempo de frenado	200s	Aceleración por kilometro	2,814/Km
Tiempo de descanso	241s	Número de paradas	14
% de tiempo conducido	79,58%	Paradas por kilometro	1,27Km
% de cruceo	38,81%	Duración media de parada	17,21s
% de tiempo acelerado	23,56%	Distancia media entre paradas	786,9m
% de tiempo desacelerado	17,29%	Aceleración positiva relativa	0,1113m/s <sup>2</sup>

% de tiempo de frenado	16,95%	Energía cinética relativa	0,224m/s <sup>2</sup>
% de tiempo de descanso	20,42%	Velocidad positiva relativa	0,286
Velocidad media (viaje)	33,6Km/h	Velocidad real relativa	0,840
Velocidad de conducción media	42,24Km/h	Velocidad cuadrada relativa	17,223m/s
Desviación estándar de la velocidad	28,91Km/h	Velocidad positiva cuadrada relativa	5,284m/s
Velocidad: 75-25 percentil	46,7Km/h	Velocidad real cuadrada relativa	14,771m/s
Velocidad máxima	120,09Km/h	Velocidad cúbica relativa	361,85m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Aceleración media	0,00m/s <sup>2</sup>	Velocidad positiva cúbica relativa	167,97m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
Aceleración positiva media	0,528m/s <sup>2</sup>	Velocidad real cúbica relativa	311,37m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>
		Raíz cuadrada media de la aceleración	0,131m/s <sup>2</sup>

Fuente: (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009)

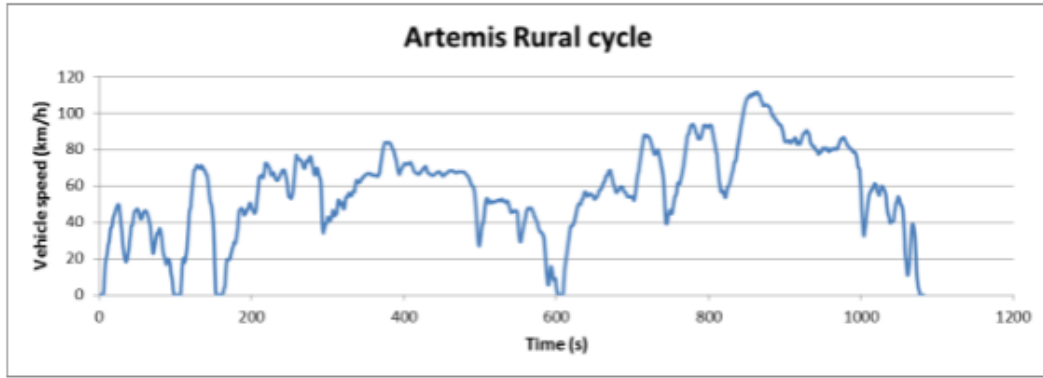
### 1.5.5.3 Ciclo ARTEMIS

Este Ciclo de conducción está basado en un estudio estadístico realizado en Europa dentro del proyecto denominado Artemis que se compone de tres configuraciones diferentes, más una variante adicional: ciclo urbano, ciclo rural, ciclo en autopista a 130Km/h y la autopista a 150Km/h. (Charlie & Romain, 2013).



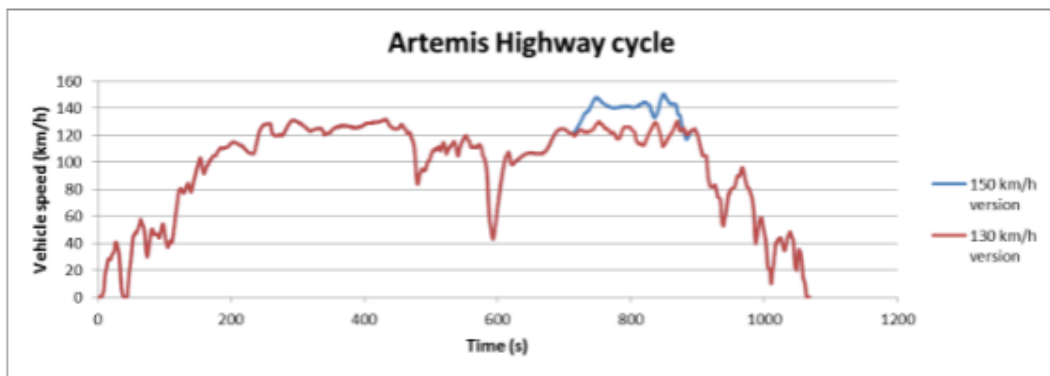
**Ilustración 7-1:** Ciclo de conducción Urbano Artemis

Fuente: (Charlie & Romain, 2013)



**Ilustración 8-1:** Ciclo de conducción Rural Artemis

Fuente: (Charlie & Romain, 2013)



**Ilustración 9-1:** Ciclo de conducción Artemis de autopista a 130 y 150 Km/h

Fuente: (Charlie & Romain, 2013)

Los ciclos Artemis no son utilizados para certificar contaminantes o consumos. Sin embargo, los fabricantes los utilizan para una mejor comprensión de las condiciones reales de conducción y la evaluación del rendimiento real de sus vehículos. (Charlie & Romain, 2013).

Los parámetros más importantes encontrados en estas configuraciones son los siguientes:

**Tabla 5-1:** Parámetros de las configuraciones del ciclo ARTEMIS

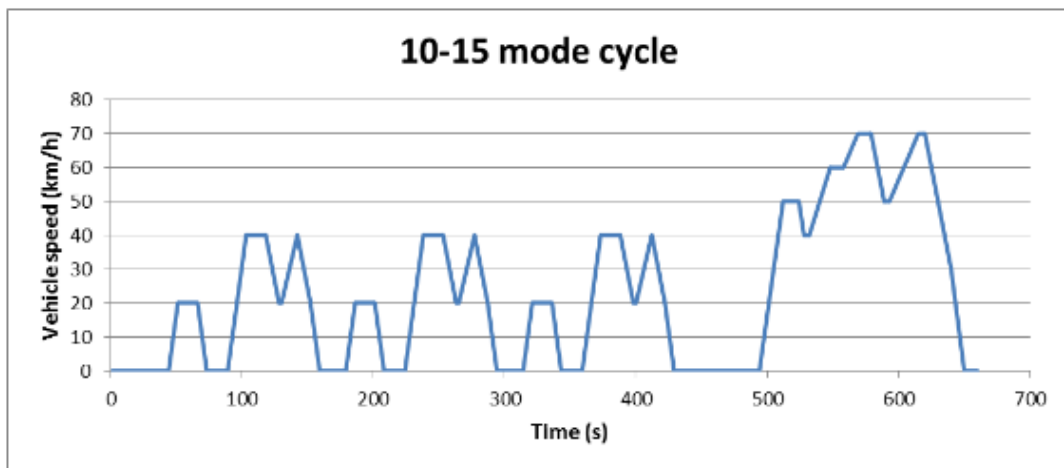
	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>	<b>Autopista 130Km/h</b>	<b>Autopista 150Km/h</b>
<b>Distancia</b>	4670m	17272m	28735m	29545m
<b>Duración</b>	993s	1082s	1068s	1068s
<b>Velocidad Media</b>	17,6Km/h	57,5Km/h	96,9Km/h	99,6Km/h

Fuente: (Charlie & Romain, 2013)

## 1.5.6 Ciclos de Conducción Japonés

### 1.5.6.1 Ciclo MODO 10-15

Este ciclo de conducción se está utilizando para la certificación de emisiones y consumo de combustible en Japón propiamente, este simula el ciclo urbano y carretera incluyendo tiempo en relantín, aceleraciones y desaceleraciones, entre otros. La medición se desarrolla con el motor caliente, luego de un proceso de calentamiento estándar (Charlie & Romain, 2013).



**Ilustración 10-1:** Ciclo JP 10-15 MODE

Fuente: (Charlie & Romain, 2013)

Luego de finalizado el Ciclo MODO 10-15 se encontraron algunos resultados importantes como se presenta a continuación.

**Tabla 6-1:** Características del Ciclo MODO 10-15

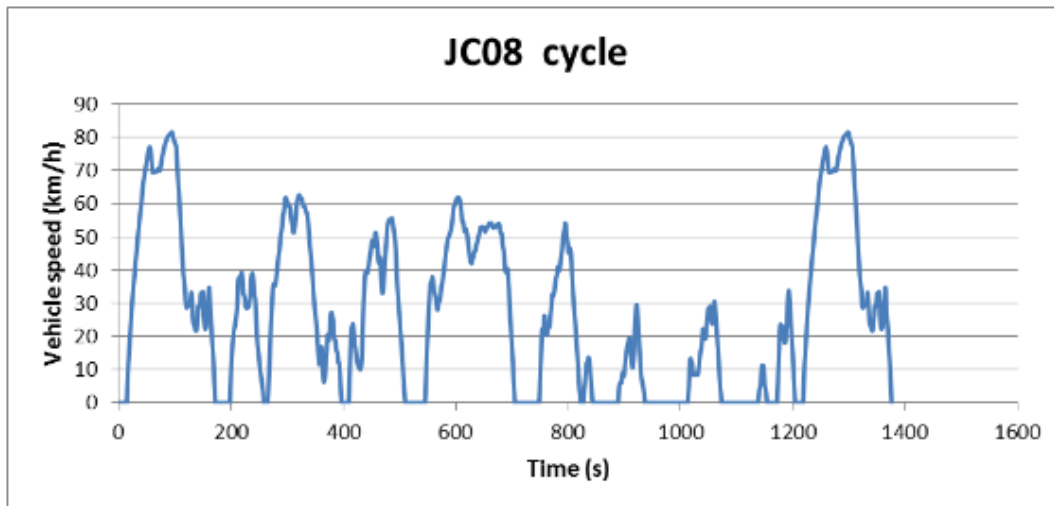
Distancia	4,16Km
Duración	660s
Velocidad Media	22,7Km/h

Fuente: (Charlie & Romain, 2013)

### 1.5.6.2 Ciclo JC08

Este es un ciclo transitorio que es mucho más exigente que el MODO 10-15. Se realiza tanto con arranques en frío como en caliente y representa una conducción en estado congestionado, con fuertes aceleraciones y desaceleraciones (Charlie & Romain, 2013).





**Ilustración 11-1:** Ciclo JC08

Fuente: (Charlie & Romain, 2013)

Al finalizar el Ciclo JC08 se obtuvo las siguientes características:

**Tabla 7-1:** Características del Ciclo JC08

<b>Distancia</b>	8,17Km
<b>Duración</b>	1204s
<b>Velocidad Media</b>	24,4Km/h

Fuente: (Charlie & Romain, 2013)

### 1.5.7 Ciclos de Conducción en Latinoamérica

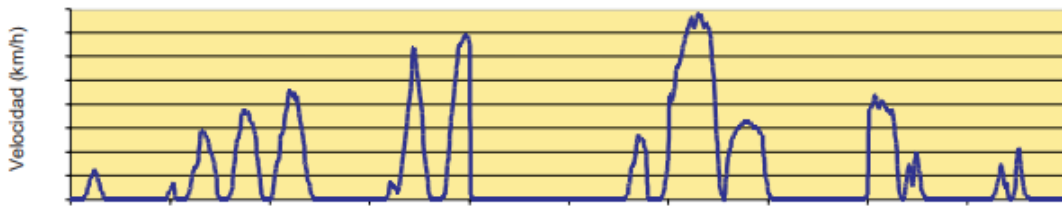
Existen varios análisis para la obtención de ciclos de conducción en muchas ciudades, por tanto, tomaremos únicamente los de mayor importancia ya que han servido como estudio para la realización de otros ciclos de conducción.

### 1.5.8 Ciclo de conducción para la ciudad de México

En el año de 1998, la UNAM sugirió al gobierno central, desarrollar los ciclos de conducción de vehículos livianos y motocicletas. Por tanto, se dispuso de un vehículo instrumentado para realizar mediciones segundo a segundo como: velocidad, posición de la mariposa de aceleración, temperatura del aceite y rpm del motor (González Oropeza, 2005).

Los ciclos obtenidos en las zonas noroeste, noreste y centro de la Ciudad de México.

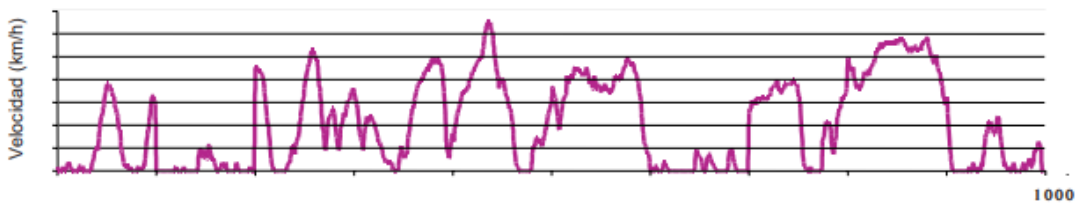
Ciclo Ciudad de México (zona Noroeste)



**Ilustración 12-1:** Ciclo de la Ciudad de México en la Zona Noroeste

Fuente: (González Oropeza, 2005)

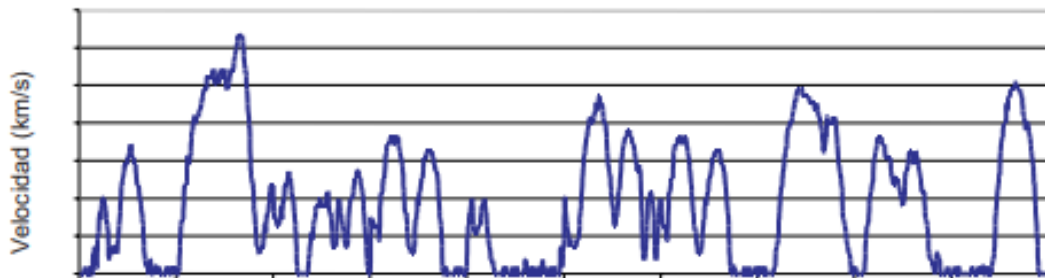
Ciclo Ciudad de México (zona Noreste)



**Ilustración 13-1:** Ciclo de la ciudad de México en la zona noreste

Fuente: (González Oropeza, 2005)

Ciclo Ciudad de México (Centro)



**Ilustración 14-1:** Ciclo de la ciudad de México en la zona centro

Fuente: (González Oropeza, 2005)

Los Parámetros obtenidos en los ciclos en Ciudad de México en las zonas noreste y noroeste:

**Tabla 8-1:** Parámetros obtenidos de los ciclos en ciudad de México

Parámetros	Zona Noroeste	Zona Noreste
Velocidad Máxima	77Km/h	65Km/h
Velocidad Promedio	18,2Km/h	22,3Km/h
Duración	966s	1000s

<b>Distancia Recorrida</b>	4,88Km	6,2Km
----------------------------	--------	-------

Fuente: (González Oropeza, 2005)

### 1.5.9 Ciclo de conducción en Bogotá, Colombia

En la construcción de estos ciclos se realizó la división de tres categorías de automotores: Motos, Buses del Sistema Integrado del Transporte Público (SITP) y buses del Transmilenio, donde se ocuparon 20 horas de recolección de datos mediante el uso de varios dispositivos GPS (Belalcazar, Acevedo, Ossess, & Rojas, 2013).



**Ilustración 15-1:** Ciclo de conducción en Bogotá para motos

Fuente: (Belalcazar, Acevedo, Ossess, & Rojas, 2013)



**Ilustración 16-1:** Ciclo de Conducción en Bogotá para el SITP

Fuente: (Belalcazar, Acevedo, Ossess, & Rojas, 2013)



**Ilustración 17-1:** Ciclo de conducción en Bogotá para buses de transMilenio

Fuente: (Belalcazar, Acevedo, Ossess, & Rojas, 2013)

Los parámetros obtenidos de los ciclos antes mencionados son los siguientes:

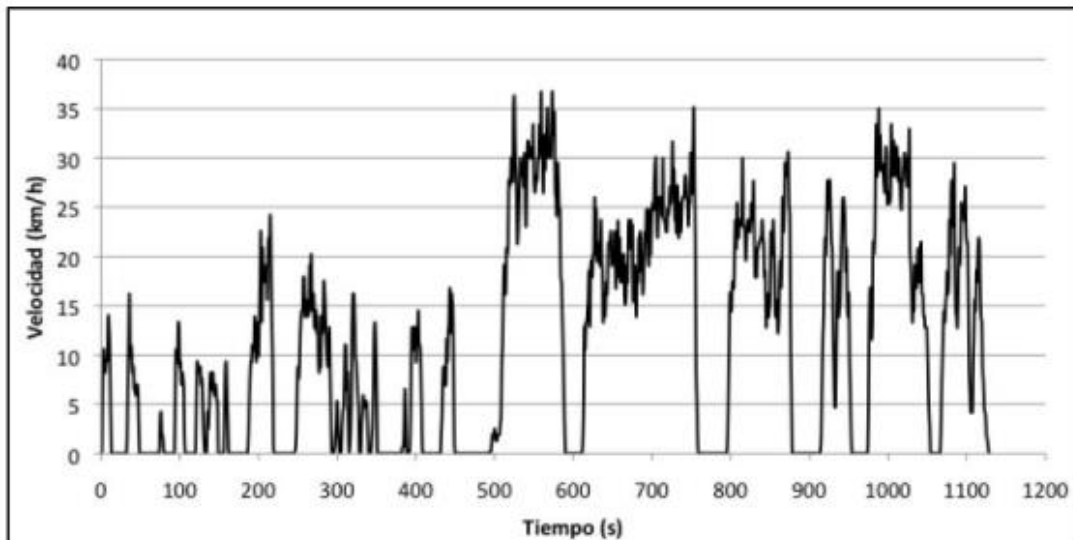
**Tabla 9-1:** Parámetros de los ciclos de conducción en Bogotá

Parámetros	Motos	SITP	TransMilenio
Duración Ciclo	360s	600s	600s
Velocidad Media de conducción	22,1Km/h	14,5Km/h	19Km/h
Aceleración Media	0,76m/s <sup>2</sup>	0,49m/s <sup>2</sup>	0,38m/s <sup>2</sup>
Desaceleración Media	-0,7m/s <sup>2</sup>	-0,54m/s <sup>2</sup>	-0,49m/s <sup>2</sup>
Tiempo en ralentí	16,1%	22,8%	26%
Tiempo de aceleración	36,7%	40,9%	41,9%
Tiempo de desaceleración	39,6%	37,1%	32,2%
Tiempo crucero	23,7%	22%	25,8%
Coefficiente de correlación (R)	65%	74%	78%

Fuente: (Belalcazar, Acevedo, Ossess, & Rojas, 2013)

### 1.5.10 Ciclo de Conducción en San José, Costa Rica

El Ciclo (SJDC) San José Driving Cycle, llevando a cabo la recolección de datos con la conducción libre de un vehículo por las calles de la Ciudad, registrando un recorrido de 89Km y 8,3 horas de viaje dentro de la ruta previamente seleccionada. Generando una matriz de combinación de los recorridos para validar un ciclo ideal de la ciudad, el ciclo tiene un tiempo total de 1128s con una distancia de 3488m. (Sandí, 2009).



**Ilustración 18-1:** Ciclo de conducción de San José de Costa Rica (SJDC)

Fuente: (Sandí, 2009)

Los Parámetros obtenidos de ciclo de conducción de San José:

**Tabla 10-1:** Parámetros obtenidos del ciclo de conducción SJDC

Parámetros	Total
Distancia recorrida	3,488Km
Tiempo total	1128s
Velocidad promedio del ciclo completo incluyendo los periodos en modo ralenti, $v1$	11,13Km/h
Velocidad promedio del ciclo completo incluyendo los periodos en modo ralenti, $v2$	16,50Km/h
Aceleración promedio de todas las fases de aceleración, $a$	0,746m/s <sup>2</sup>
Aceleración promedio de todas las fases de desaceleración, $d$	0,752m/s <sup>2</sup>
Tiempo promedio de un periodo de conducción, $c$	34,59s
Proporción del tiempo de conducción en modo ralenti, $Pi$	32,54%
Proporción del tiempo de conducción en modo de aceleración, $Pa$	31,03%
Proporción del tiempo de conducción en modo constante, $Pc$	5,59%
Proporción del tiempo de conducción en modo de desaceleración, $Pd$	30,85%

Número promedio de cambios de aceleración-desaceleración en un período de conducción. <i>M</i>	14,09
Raíz media cuadrática de la aceleración, <i>RMS</i>	0,723m/s <sup>2</sup>
Energía cinética de aceleración positiva, <i>PKE</i>	0,226m/s <sup>2</sup>

Fuente: (Sandí, 2009)

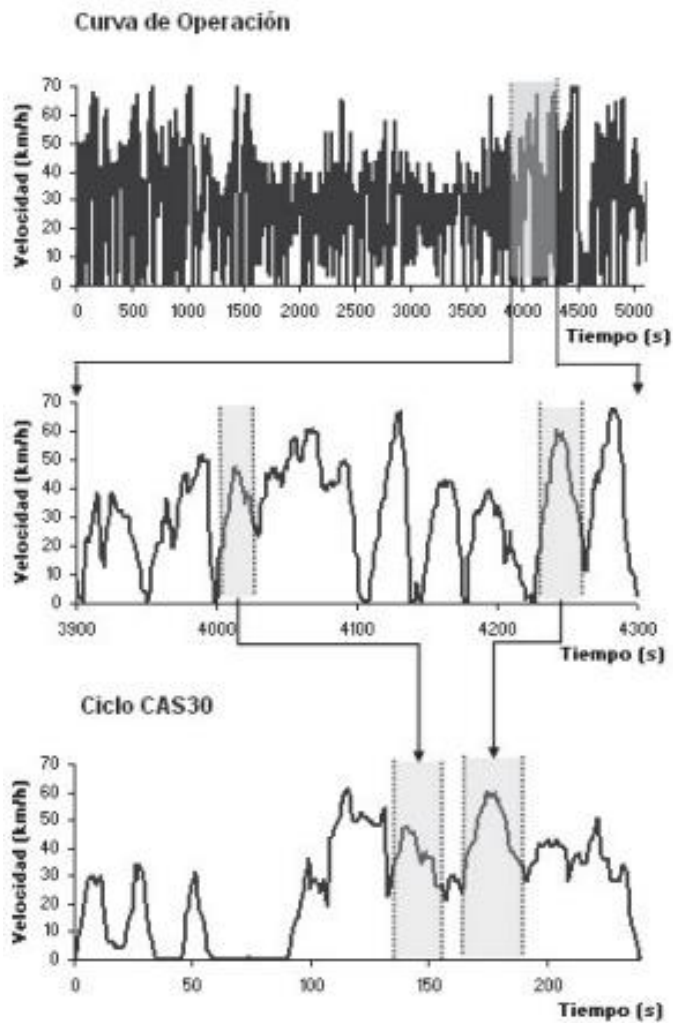
### **1.5.11 Ciclo de Conducción en Santiago de Chile, Chile**

Para el proceso de obtención del Ciclo de conducción de Santiago de Chile tiene la siguiente estructura:

1. Selección de Recorridos
2. Recolección de Datos
3. Procesamiento y Construcción del Ciclo de Conducción

Se pudo obtener diez ciclos de conducción de 240 segundos de duración para vehículos de pasajeros, representativos de las condiciones de tráfico normal en Santiago a diferentes velocidades promedio. Los ciclos se denominaron CAS (Ciclo de Automóviles de Santiago) más dos dígitos y corresponden a su rango de velocidad media (CAS10 & CAS40). (Osses & Rojas, 2003)

Se utilizó información recolectada en Santiago el año 1997, en el contexto de un estudio de caracterización de flujos viales (CENMA 1997). Esta información dio origen a nueve ciclos de conducción denominados STD, los cuales se obtuvieron a partir de una metodología sin respaldo estadístico, y se utilizaron para obtener los factores de emisión vigentes actualmente para vehículos livianos de pasajeros en Santiago. (Corvalán & Urrutia, 2000).



**Ilustración 19-1:** Tazas experimentales en el Ciclo de Conducción De Santiago (CAS30)

Fuente: (Osse & Rojas, 2003)

Parámetros obtenidos de los ciclos CAS y comparados con los ciclos STD:

**Tabla 11-1:** Comparación de las Características de las Mediciones de los Ciclos CAS y STD

	5<V<10			30<V<40		
	Curva Trabajo	Ciclo CAS10	Ciclo STD 10	Curva Trabajo	Ciclo CAS40	Ciclo STD 40
# Paradas	135	9	7	35	2	2
% Tiempo Detenido	45,13	45,83	22,50	8,13	7,50	5,60
% Tiempo en Operación	54,87	54,17	77,50	91,87	92,50	94,40

% Tiempo Acelerado	19,15	18,75	22,92	36,65	36,67	43,20
% Tiempo Frenado	19,97	22,50	33,75	35,31	34,17	40,40
% Tiempo Crucero	15,76	12,92	20,83	19,91	21,67	10,80
Velocidad Promedio (Km/h)	7,46	5,06	11,08	34,84	33,31	38,43
Velocidad Máxima (Km/h)	63,21	25,28	36,00	79,64	70,79	72,10
Aceleración Promedio (m/s <sup>2</sup> )	1,12	1,15	0,99	0,94	0,91	0,84
Frenada Promedio (m/s <sup>2</sup> )	-1,11	-0,96	-0,67	-0,96	-0,98	-0,90
Distancia Recorrida (m)	9604,87	337,06	738,56	48948,07	2220,34	2668,50
% Correlación	100	99,76	70,94	100	99,28	69,18
# Intervalos de Velocidades	10			10		
# Intervalos de Aceleraciones	8			15		
# Intervalos de Frenadas	8			15		

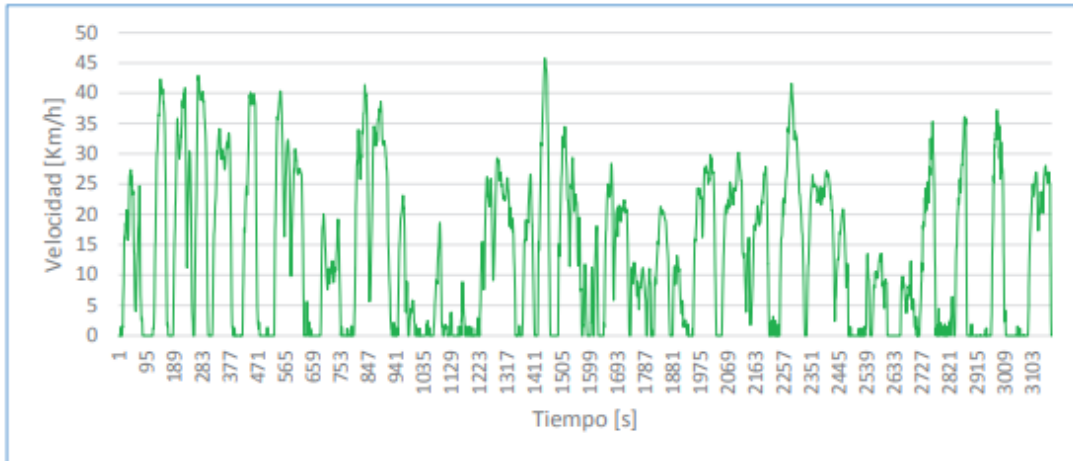
Fuente: (Osses & Rojas, 2003)

### 1.5.12 Ciclos de Conducción en el Ecuador

#### 1.5.12.1 Ciclo de Conducción del Distrito Metropolitano de Quito

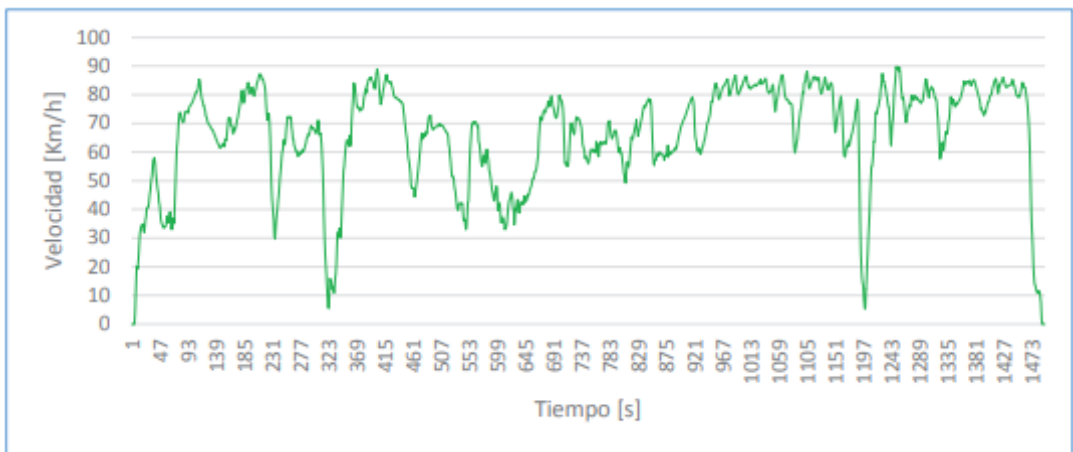
Se tomaron en cuenta tres rutas de estudio como son ciudad, carretera y una combinación de los dos. Cada uno de estos ciclos fueron construidos bajo condiciones reales de conducción como: Las características de tráfico, de las carreteras, climáticas y geográficas además de características de los mismos conductores. (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017).





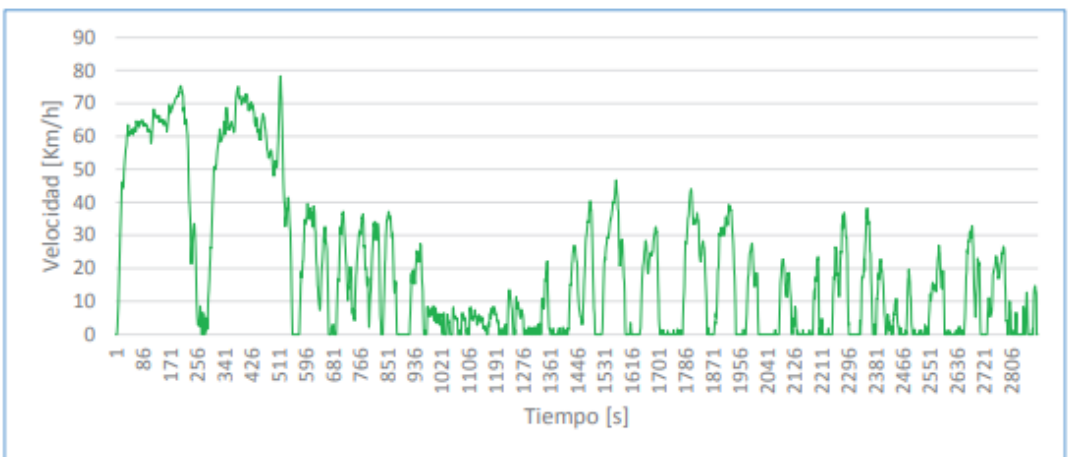
**Ilustración 20-1:** Ciclo de conducción para Ciudad del DMQ

**Fuente:** (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017)



**Ilustración 21-1:** Ciclo de conducción para carretera del DMQ

**Fuente:** (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017)



**Ilustración 22-1:** Ciclo de conducción Combinado del DMQ

**Fuente:** (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017)

Los parámetros obtenidos en los Ciclos de Conducción para el DMQ son:

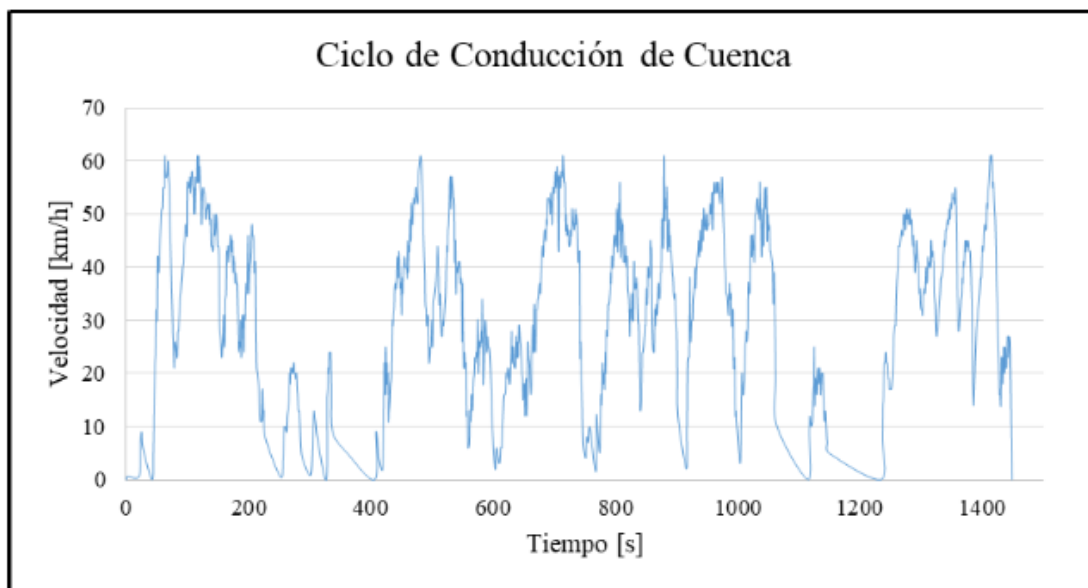
**Tabla 12-1:** Parámetros obtenidos en los Ciclos de Conducción para el Distrito metropolitano de Quito

<b>Parámetros</b>	<b>Ciudad</b>	<b>Carretera</b>	<b>Combinado</b>
Velocidad promedio ( <i>km/h</i> )	13,261	65,983	19,186
Velocidad máxima ( <i>km/h</i> )	45,771	89,91	78,326
Tiempo ralentí ( <i>s</i> )	1060	10	960
Número de paradas	58	2	63
Tiempo total transcurrido ( <i>s</i> )	3169	1493	2889
Distancia recorrida ( <i>m</i> )	11914,472	27463,792	15673,042
Aceleración promedio positiva ( <i>m/s<sup>2</sup></i> )	0,348	0,357	0,403
Aceleración positiva máxima ( <i>m/s<sup>2</sup></i> )	1,891	2,087	1,456
Tiempo con aceleración positiva ( <i>s</i> )	1266	791	1036

**Fuente:** (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017)

### **Ciclo de conducción de la ciudad de Cuenca**

Para la determinación de ciclos de conducción en la ciudad de Cuenca se tomaron en cuenta diez rutas previamente planeadas, es decir la obtención de un total de diez ciclos, analizando las doce pasadas tanto en horas pico como horas valle en cada ruta dando un total de 120 recorridos. (Pérez Llanos & Quito Sinchi, 2018) .



**Ilustración 23-1:** Ciclo de Conducción representativo para la ciudad de Cuenca

**Fuente:** (Pérez Llanos & Quito Sinchi, 2018)

Los parámetros obtenidos para el Ciclo de conducción representativo para la ciudad de Cuenca:

**Tabla 13-1:** Parámetros del Ciclo representativo de la ciudad de Cuenca

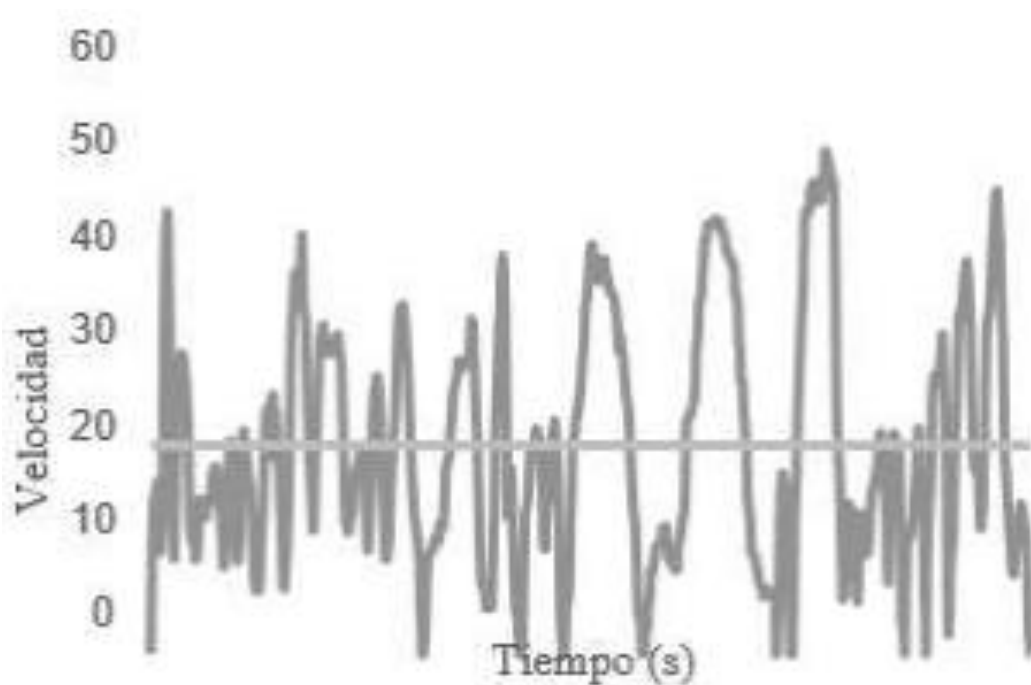
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Velocidad Media	26,09	(Km/h)
Velocidad Máxima	61,00	(Km/h)
Número de Paradas	12	
Tiempo de Manejo	1168	(s)
Tiempo en Ralentí	280	(s)
Distancia Recorrida	104904,00	(m)
Aceleración Promedio Positiva	0,88	(m/s <sup>2</sup> )
Aceleración Positiva Máxima	4,72	(m/s <sup>2</sup> )
Tiempo de aceleración Positiva	530	(s)
Proporción del tiempo de conducción en modo ralentí	81	(%)

Proporción del tiempo de conducción en modo Aceleración	36,60	(%)
---	-------	-----

Fuente: (Pérez Llanos & Quito Sinchi, 2018)

### 1.5.12.2 Ciclo de conducción en la ciudad de Riobamba

Para establecer el Ciclo de Conducción representativo para la ciudad de Riobamba se tomó en cuenta las diez marcas de vehículos livianos con mayor demanda en la ciudad, se realizó un monitoreo por ocho meses recolectando información como: consumo de combustible, patrones de conducción, señales de sensores del automóvil, la concentración volumétrica de  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $THC$ ,  $NOx$ ,  $O_2$ . (Montufar Paz, Huertas Cardoso, Cuisano Egusquiza, & Pérez Fiallos, 2021).



**Ilustración 24-1:** Ciclo de Conducción Obtenido para la Ciudad de Riobamba

Fuente: (Montufar Paz, Huertas Cardoso, Cuisano Egusquiza, & Pérez Fiallos, 2021)

Los parámetros obtenidos del Ciclo de Conducción representativo para la Ciudad de Riobamba son:

**Tabla 14-1:** Parámetros característicos del Ciclo de conducción de Riobamba

Relación	Tiempo de relación	Valor	Unidad
Distancia	Distancia total	4653,579	<i>m</i>
	Tiempo Total	805	<i>s</i>

Tiempo	Tiempo en conducción	788	<i>s</i>
	Tiempo crucero	21	<i>s</i>
	Tiempo acelerado	393	<i>s</i>
	Tiempo desacelerado	374	<i>s</i>
	Tiempo en ralentí	17	<i>s</i>
	% de tiempo en conducción	0,979	<i>s</i>
	% de tiempo crucero	0,026	<i>s</i>
	% tiempo acelerado	0,488	<i>s</i>
	% tiempo desacelerado	0,465	<i>s</i>
	% tiempo en reposo	0,021	<i>s</i>
Velocidad	Velocidad media de ruta	5,781	<i>m/s</i>
	Velocidad media de conducción	5,906	<i>m/s</i>
	Desviación estándar de la velocidad	3,326	<i>m/s</i>
	Velocidad máxima	13,957	<i>m/s</i>
	Velocidad mínima	0,000	<i>m/s</i>
Aceleración	Aceleración media	0,005	<i>m/s<sup>2</sup></i>
	Aceleración media positiva	0,504	<i>m/s<sup>2</sup></i>
	Aceleración media negativa	-0,520	<i>m/s<sup>2</sup></i>
	Desviación estándar de la aceleración	0,701	<i>m/s<sup>2</sup></i>
	Aceleración máxima	2,929	<i>m/s<sup>2</sup></i>
	Aceleración mínima	-3,310	<i>m/s<sup>2</sup></i>
Paradas	Números de paradas	6	
	Parada por kilómetro	1,289	
Dinámica	Aceleración positiva relativa	0,069	<i>m/s<sup>2</sup></i>
	Energía cinética positiva	0,457	<i>m/s</i>
	Consumo de combustible		

Motor	Media de consumo de viaje	11,667	<i>kpl</i>
	Media de consumo instantáneo	11,172	<i>kpl</i>
	Litros por cada 100Km instantáneos	18,848	1/100Km
	Litros por cada 100Km (corrección a largo plazo)	8,677	1/100Km
	Temperatura del motor		
	Promedio de temperatura de motor	88,055	°C

Fuente: (Montufar Paz, Huertas Cardoso, Cuisano Egusquiza, & Pérez Fiallos, 2021)

### ***1.5.13 Técnicas de Instrumentación y Parámetros para el Desarrollo de los Ciclos de Conducción***

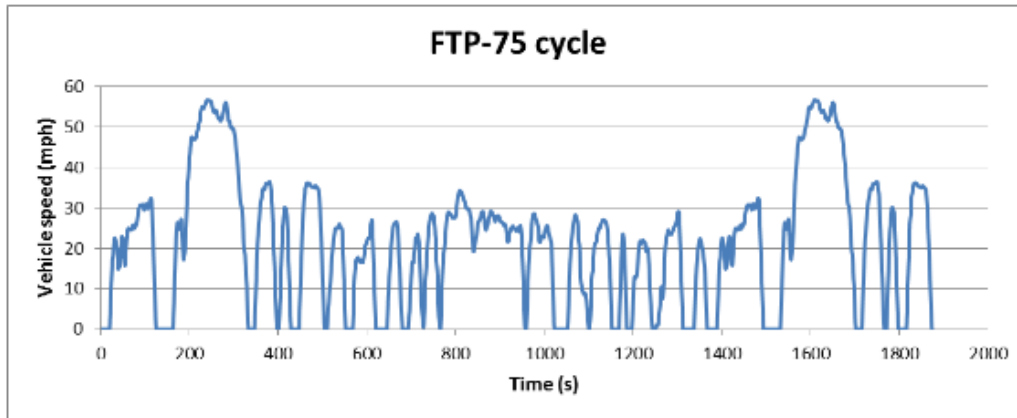
Existen dos técnicas para la recolección de datos y parámetros representativas como son:

- Técnica on-board
- Técnica de persecución de vehículo

#### ***1.5.13.1 Técnica On-Board***

A través de la instrumentación adecuada, por medio de las condiciones reales de manejo se obtiene datos concretos de conducción con respecto al tiempo, velocidad, aceleración, etc. Se requiera además de no solo un conductor sino varios para visualizar el comportamiento de mejor manera de la conducción en una ruta determinada. (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017).

Por ejemplo, el ciclo de conducción FTP 75 creado por EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos utilizó esta técnica en un vehículo Chevrolet del año 1962 recorriendo una parte en ruta urbana y otra en carretera (incluyendo paradas frecuentes) el cual fue equipado con instrumento de medición denominado quinta rueda cuya función es medir y registrar distancia recorrida, velocidad media, tiempo de parada del vehículo, esto se realizó en el centro de la ciudad de Los Ángeles. (Kruse & Huls, 1973).



**Ilustración 25-1:** Ciclo de conducción FTP 75

**Fuente:** (Charlie & Romain, 2013)

**Tabla 15-1:** Características principales del ciclo FTP 75

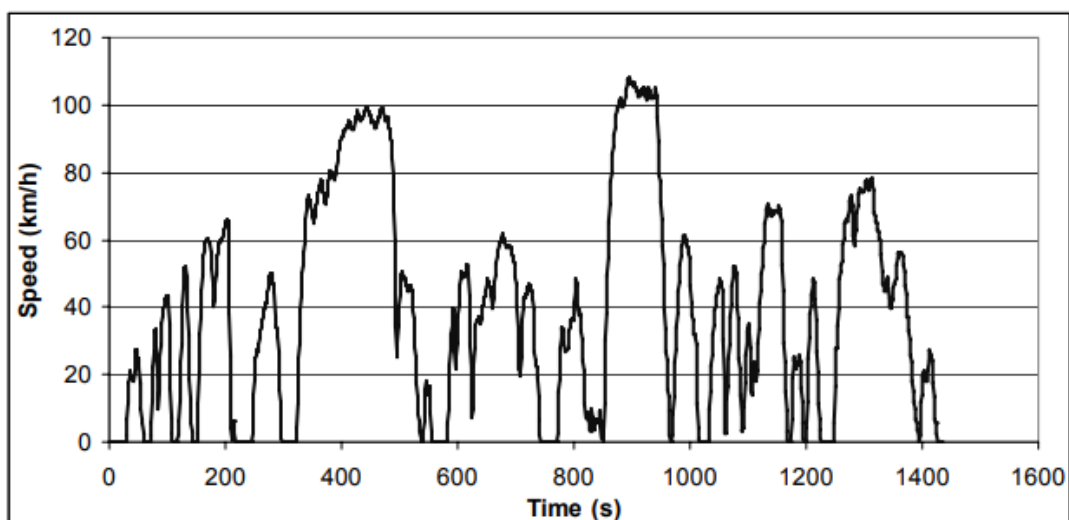
Distancia	17,77km
Duración	1874s
Velocidad media	34,1Km/h

**Fuente:** (Charlie & Romain, 2013)

### 1.5.13.2 Técnica de persecución del vehículo

Este método consiste en la existencia de un vehículo denominado “caza” que tiene como función principal seguir al azar a otro vehículo que se le conoce como “objetivo”. La finalidad de este método es que el conductor del vehículo “caza” siga el flujo vehicular, seleccionando aleatoriamente un solo vehículo, si este vehículo “objetivo” se sale de la ruta trazada anteriormente, el conductor debe rápidamente selecciona otro vehículo objetivo al azar. Se recomienda evitar tomar como vehículo “objetivo” a automotores del servicio público como buses, taxis o vehículos pesados. (Johnson, Formenti, Gray, & Peterson, 1975).

Por ejemplo, el ciclo de conducción LA 92 ocupa esta técnica de persecución mediante procedimientos desarrollados con anterioridad por GMC (General Motors Company) y EPA. Este estudio consistía en equipar al vehículo “caza” con un telémetro láser diseñado para medir distancias relativas con respecto al vehículo “objetivo” (Morey, Limanond, & Niemeier, 2000).



**Ilustración 26-1:** Ciclo de Conducción Dinamométrico LA 92

Fuente: (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009)

**Tabla 16-1: Características del ciclo LA 92**

Distancia	15,7km
Duración	1435s
Velocidad media	39,6Km/h

Fuente: (Charlie & Romain, 2013)

**Tabla1.17:** Ventajas y Limitaciones en diferenciación de las técnicas on-board y persecución

Técnica	Ventajas	Limitaciones
<b>ON-BOARD</b>	Recolección directa de datos de conducción	Elevado costo de instrumentación (Equipo de datos para 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 selecciona las rutas	Demanda de mucho tiempo para el levantamiento de datos



	representativas utilizando una base de datos de tráfico posible	
<b>PERSECUCIÓN DEL VEHÍCULO</b>	Estudio de las características de conducción de diferentes conductores en un solo recorrido	Infringe con facilidad los 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 laser pierden su efectividad al pasar por hoyos, pendientes y curvas
	Se emplea un solo vehículo para levantar datos de conducción	Diferencia de comportamiento de conducción entre el vehículo caza y el vehículo objetivo
	Corto lapso de toma de datos	El vehículo caza puede perder con facilidad al vehículo objetivo cuando su comportamiento de conducción es agresivo

Fuente: (Calva & Flores, 2020)

## CAPÍTULO II

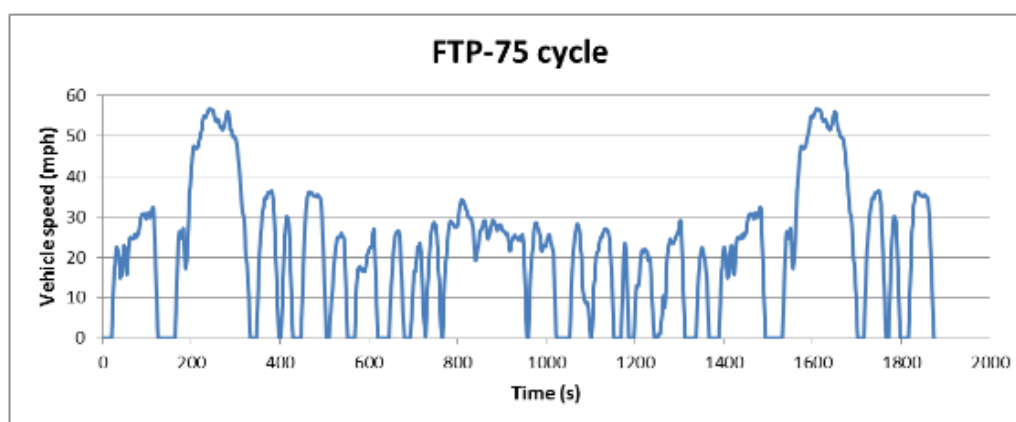
### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Metodología

En la determinación de ciclos de conducción representativos influyen dos metodologías denominadas:

##### 2.1.1 Método Directo

Este método consiste en la selección de un recorrido real que representen las curvas experimentales obtenidas bajo las condiciones de un lugar específico. En el método directo se adquiere los valores de velocidad con respecto al tiempo formando curvas experimentales de cada viaje realizado sobre rutas definidas previamente y del total se escoge y selecciona un viaje que represente a todos los viajes con ayuda de un análisis estadístico previo. Por ejemplo, el Ciclo de Conducción FTP-75 se lo realizó con esta metodología (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017).



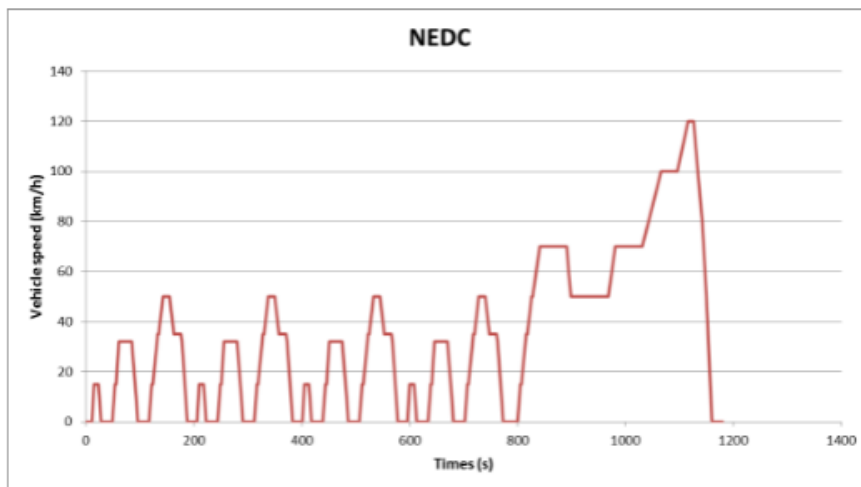
**Ilustración 1-2:** Ciclo de Conducción FTP-75 Método Directo

Fuente: (Charlie & Romain, 2013)

##### 2.1.2 Método Indirecto

El método indirecto se basa en el procesamiento inicial de los datos que busca obtener la información necesaria para construir el ciclo de conducción representativo. Por lo tanto, las curvas experimentales se utilizan para sobre ellas formar un análisis de conglomerados para que los datos que sean del mismo grupo sean similares y los que pertenezcan a otro grupo sean heterogéneos

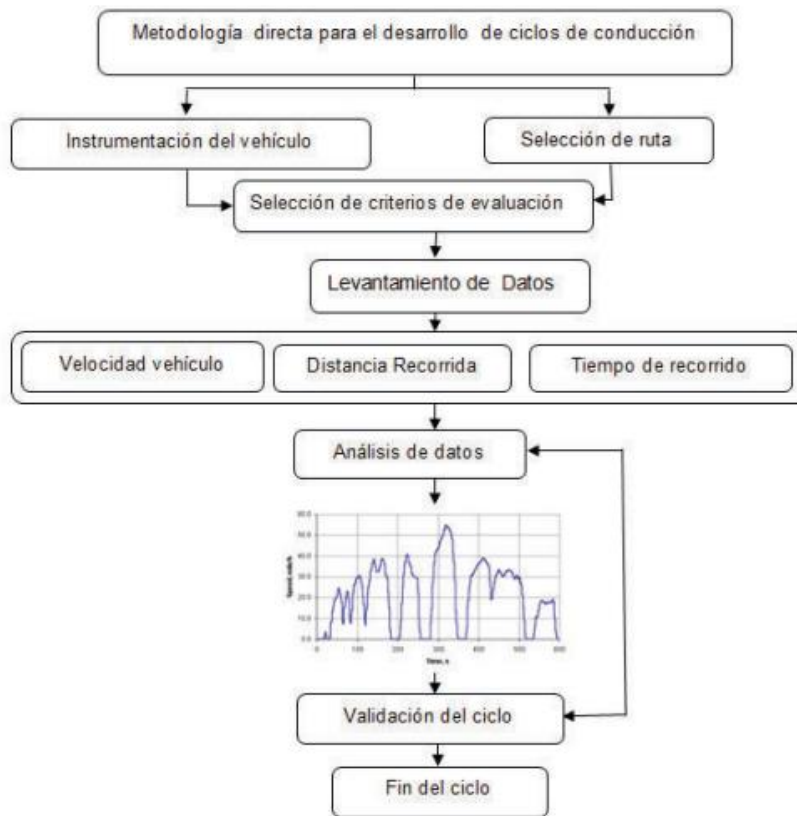
con el fin de determinar patrones de conducción. Un ejemplo de esta metodología es el Ciclo de Conducción NEDC



**Ilustración 2-2:** Ciclo de conducción NEDC Método Indirecto

**Fuente:** (Charlie & Romain, 2013)

En este trabajo de investigación se propondrá aplicar el método directo en base a la utilización de microciclos, ya que al ser un ciclo de conducción para una carretera donde no hay estudio de curvas de patrones de conducción para un automóvil, por lo tanto, es conveniente crear curvas experimentales que incluyan los parámetros que caracterizan el ciclo.



**Ilustración 3-2:** Metodología de desarrollo de ciclos de conducción

Fuente: (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017)

## 2.2 Selección de la Ruta.

Existe un sinnúmero de diferencias en los patrones de conducción al recorrer el vehículo entre varios tipos de terreno, la planificación de tránsito e infraestructura vial. Por lo que resulta muy difícil definir rutas que demuestren los patrones de conducción típicos en una localidad. (Quinchimbla Pisuña & Solís Santamaría, 2017).

Es de suma importancia en una ruta determinar las características de conducción que depende del tipo de vía y la intensidad vehicular esta ruta debe ser utilizada comúnmente por personas en actividades diarias como compras, vida social y desplazamiento casa-trabajo. (Hung, Tong, Lee, Ha, & Pao, 2007).

En vista de que en el planteamiento del problema se indicó que los estudios de este tipo en ruta de carretera que supere con facilidad a los 3000msnm son poco conocidos y casi nulos, se tuvo en cuenta esta ruta comprendida entre las localidades de Ambato y Riobamba ya que cumple con las características antes mencionadas como desplazamiento de trabajo-casa y viceversa, vida social y actividades diarias además de la altitud.

Según la (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2012) el Ecuador está dividido en diez Zonas comprendida por algunas provincias, en la zona que centra este estudio se la realizara en la zona tres que comprende las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Pastaza y Tungurahua, siendo esta última con su capital Ambato el centro de comercio de la zona centro del Ecuador.

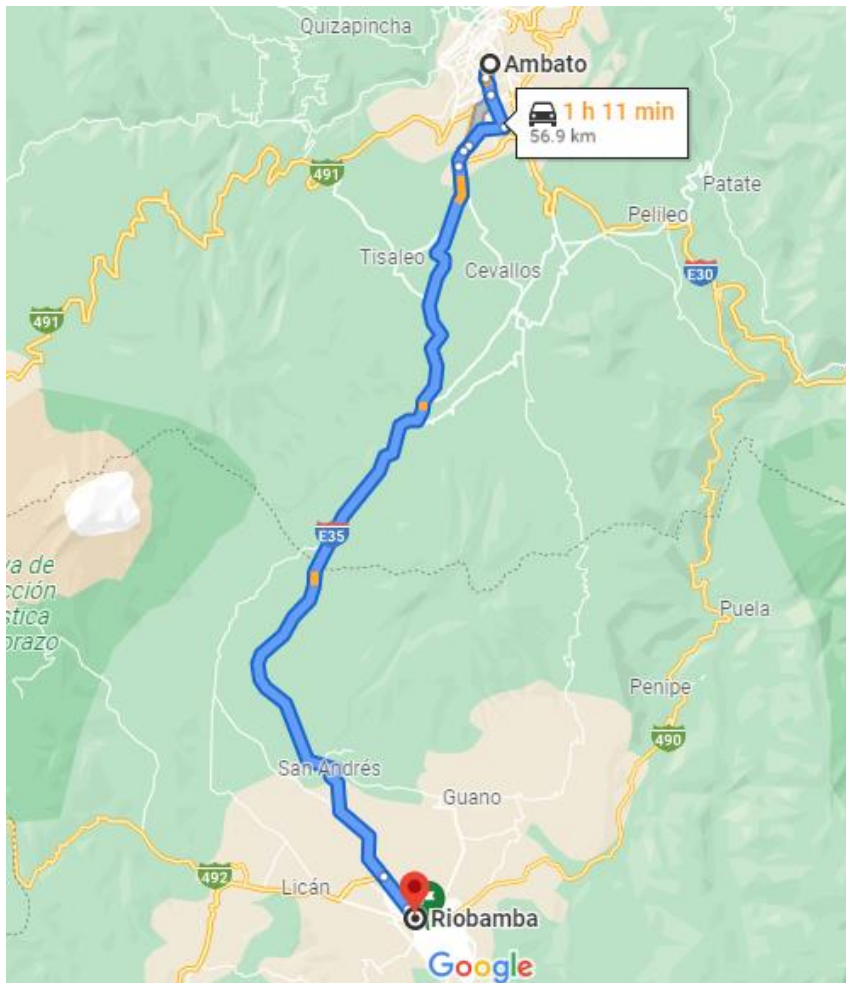


**Ilustración 4-2:** Mapa de la zona tres del Ecuador

**Fuente:** (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2012)

Al centrarnos en la altitud en este documento, tomaremos en cuenta únicamente a las provincias de Chimborazo y Tungurahua ya que sus capitales Riobamba y Ambato respectivamente, son las ciudades más productivas de esta zona y cumple con las características de altitud.

La ruta escogida para la realización de un Ciclo de Conducción representativo en carretera fue la E35 que une las localidades de Ambato y Riobamba, siendo una de las carreteras más concurridas del país ya que es de mucha importancia en la conexión vial del Ecuador.



**Ilustración 5-2:** Ruta de prueba Ambato-Riobamba

**Fuente:** (Google Maps, 2021)

## 2.3 Selección de vehículos e instrumentación

### 2.3.1 Selección de vehículos

En Ecuador tenemos un parque automotor con un total de 2,7 millones de vehículos hasta mayo de 2021, entre livianos, SUV, Pesados y Comerciales según la AEADE (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador). Las provincias con mayor cantidad de automotores son: Pichincha con 912 mil vehículos, Guayas con 826 mil vehículos y Cuenca con 188 mil vehículos. Estas tres ocupan más del 50% del parque automotor del país. (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2021).

Si tomamos en cuenta la cantidad de autos que recorre la ruta mencionada para la obtención del Ciclo de Conducción representativo hay que prestar atención que no intervienen solo los vehículos del parque automotor de estas dos localidades ni de las dos provincias como son Chimborazo y

Tungurahua, ya que es una ruta de paso que conecta todo el Ecuador, es decir por aquí transita autos que viajan de norte a sur del país como también de este a oeste, y viceversa.

Al no disponer de tantos vehículos para realizar el levantamiento de datos se realizó un estudio previo para observar los autos que transitaban por esta carretera en cuanto a características como cilindrada, tipo de vehículo, potencia, tamaño, en fin. Se obtuvo como muestra preliminar dos tipos de autos un sedán que es el mayor comercializado a nivel mundial y sobre todo en Latinoamérica y un SUV que también se encuentra como el más común y de uso diario.

- Toyota Corolla 1.6L
- Kia Sportage 2.0L

Estos dos autos contienen las características que abarca en su gran mayoría el parque automotor del País.

## 2.4 Instrumentación

Tomando en cuenta que los requerimientos para la toma de datos se realizan en base a la Técnica On-Board, se utilizó dos dispositivos que cumplen con las características de captura de información a bordo como son:

- Analizador de Emisiones Maha Met 6,3
- Dispositivo de reconocimiento de datos de sensores del vehículo ELM 327

### 2.4.1 *El analizador de emisiones Maha Met 6,3*

Se encarga de medir la concentración volumétrica de dióxido de carbono, monóxido de carbono, total de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y genera además un reporte en tiempo real utilizando un software del mismo equipo llamado Maha Emission Viewer, la descripción de los principios de medición, unidades, precisión y datos técnicos que consta en las tablas 2.1 y 2.2. (Montufar Paz, Huertas Cardoso, Cuisano Egusquiza, & Pérez Fiallos, 2021).

**Tabla 1-2:** Especificaciones técnicas del analizador.

Software de registro de datos	Maha Emission Viewer
Combustibles compatibles de medición	Diesel, gasolina, GNC, GLP

Lectura de revoluciones	Sensor piezo eléctrico
Índice de flujo	3,5 l/min
Altitud de medición	3500 msnm

Fuente: (Montufar Paz, Huertas Cardoso, Cuisano Egusquiza, & Pérez Fiallos, 2021)

**Tabla 2-2:** Emisiones reportadas por el analizador Maha Met 6.3

Gas	símbolo	Rango	Unidad	Precisión	Método de medición
Dióxido de carbono	$CO_2$	0-20	Porcentaje	0,01	Espectrometría de infrarrojo
Monóxido de carbono	$CO$	0-15	Porcentaje	0,01	Espectrometría de infrarrojo
Total, de Hidrocarburos	$THC$	0-10 000	Partes por millón	0,01	Espectrometría de infrarrojo
Óxidos de nitrógeno	$NO_x: NO_2$ + $NO$	0-5 000	Partes por millón	20	Detección electroquímica
Oxígeno	$O_2$	0-25	Porcentaje	0,01	Detección electroquímica
Lambda	$\lambda$	0,5-10	Adimensional	0,01	Calculada

Fuente: (Montufar Paz, Huertas Cardoso, Cuisano Egusquiza, & Pérez Fiallos, 2021)

#### 2.4.2 La interfaz ELM 327

Se encarga de leer el consumo de combustible, así como las lecturas de los sensores del vehículo mediante el protocolo OBDII, mediante este conector es posible adquirir y registrar los datos por medio de una aplicación de pago llamada Torque Pro, con una frecuencia de 1Hz de la misma manera que el reporte de emisiones. Se utilizó este dispositivo por su versatilidad y compatibilidad con las normas internacionales de comunicación como: ISO 9141, J1850 (VPW & PWM), CAN (ISO 15765-4) Y KWP2000 (ISO 14230-4), esto lo vuelve compatible con la mayor cantidad de vehículos del patio automotor del país y la región. (Montufar Paz, Huertas Cardoso, Cuisano Egusquiza, & Pérez Fiallos, 2021).

El cálculo de consumo de combustible se realiza por el protocolo OBDII mediante la lectura de los sensores del vehículo que registra valores de temperatura del aire de admisión, flujo o presión según el caso, de la misma manera del combustible, velocidad del motor y ajuste de combustible a corto y largo plazo. (Montufar Paz, Huertas Cardoso, Cuisano Egusquiza, & Pérez Fiallos, 2021).





**Ilustración 6-2:** Escáner ELM 327

Fuente: Llerena David, 2022



**Ilustración 7-2:** Aplicación Android TorquePro

Fuente: Llerena David, 2022

## 2.5 Selección de criterios de evaluación

Los criterios de evaluación seleccionados están en base a lo descrito por (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009), utilizados para obtener los ciclos de conducción en diferentes ciudades como: San José – Costa Rica, Naucalpan – México, Quito – Ecuador, entre otros.

Los parámetros característicos en algunos libros están citados por las siglas “CP”, por lo tanto, se interpretan medidas principales como: distancia, tiempo, velocidad, aceleración y energía cinética.

Para el cálculo de los mismos, se propone una serie de fórmulas con las que se determina los patrones característicos del ciclo de conducción. (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009).

**Tabla 3-2:** Fórmulas del cálculo de parámetros característicos del ciclo de conducción.

<b>Definición de parámetros característicos del ciclo de conducción</b>		
<b>Relación</b>	<b>Tipo de relación</b>	<b>Fórmula</b>
Distancia	Distancia total	$D = (t_2 - t_1) * \frac{v_1}{3,6} + \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1}) * \frac{v_1}{3,6}$
Tiempo	tiempo total	$T_{total} = (t_2 - t_1) + \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1})$
	tiempo de conducción	$T_{cond} = T_{total} - T_p$
	tiempo Crucero	$T_{cruc} = T_{cond} - T_a - T_d$
	tiempo acelerando	$T_a = \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1}) \text{ para } a_1 > 0$
	tiempo desacelerando	$T_d = \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1}) \text{ para } a_1 < 0$
	tiempo en reposo	$T_r = \sum_{i=2}^n (t_i - t_{i-1}) \text{ para } a_1 = 0 \text{ y } v_1 = 0$
	% tiempo en conducción	$\%cond = \frac{T_{cond}}{T_{total}}$
	% tiempo Crucero	$\%Cruc = \frac{T_{cruc}}{T_{total}}$
	% tiempo acelerando	$\%acel = \frac{T_{acel}}{T_{total}}$
	% tiempo desacelerando	$\%desacel = \frac{T_{desacel}}{T_{total}}$
	% tiempo en reposo	$\%rep = \frac{T_{rep}}{T_{total}}$
Velocidad	Velocidad media de ruta	$\bar{v}_{ruta} = 3,6 * \frac{dist}{T_{total}}$
	Velocidad media de conducción	$\bar{v}_{conduccion} = 3,6 * \frac{dist}{T_{cond}}$
	Desviación estándar de la velocidad	$\sigma_v = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n v_i^2} \text{ para } \bar{v}_{ruta}$
	Velocidad máxima	$v_{m\acute{a}x} = \text{Si } v_i > v_{i-1} \text{ conservar } v_i$
	Velocidad mínima	$v_{m\acute{i}n} = \text{Si } v_i < v_{i-1} \text{ conservar } v_i$
	Aceleración media	$\bar{a} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n a_i$

Aceleración	Aceleración media positiva	$\bar{a}_{positiva} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n a_i \text{ para } a_i > 0$
	Aceleración media negativa	$\bar{a}_{negativa} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n a_i \text{ para } a_i < 0$
	Desviación estándar de la aceleración	$\sigma_a = \sqrt{\frac{1}{n-1} * \sum_{i=1}^n a_i^2}$
	Número de aceleraciones	$\#_{acel} = \sum_{i=1}^n 1 \text{ para } a_i > 0$
	Aceleraciones por Km	$a_{Km} = 1000 * \frac{\#_{acel}}{dist}$
	aceleración máxima	$a_{máx} = Si \ a_i > a_{i-1} \text{ conservar } a_i$
	aceleración mínima	$a_{mín} = Si \ a_i < a_{i-1} \text{ conservar } a_i$
Paradas	Número de paradas	$\#_{paradas} = \sum_{i=1}^n 1 \text{ para } (v_i = 0 \text{ y } a_i = 0)$
	Paradas por Km	$Paradas = 1000 * \frac{\#_{paradas}}{dist}$
Dinámica	aceleración positiva relativa	$APR = \frac{1}{dist} * \sum_{i=1}^n \frac{a_i * v_i}{3,6} \text{ para } a_i > 0$
	Energía Cinética positiva	$ECP = \frac{1}{dist} * \sum_{i=2}^n v_i^2 - v_{i-1}^2 \text{ para } v_i > v_{i-1}$

Fuente: (Barlow, Latham, McCrae, & Boulter, 2009)

### 2.5.1 Obtención de datos

Para obtener los datos que se empleará en este trabajo de investigación se requiere aplicar la técnica On-Board que se despliega de un método directo que facilita tanto la instalación de los equipos de medición o instrumentación y la recolección de datos en los vehículos de prueba con mayor precisión y fiabilidad.

Técnica que presenta las siguientes características:

- Recolección directa del vehículo
- Alta precisión y confiabilidad
- Requiere de una muestra grande para asegurar la representatividad
- Demanda de mucho tiempo para el levantamiento de datos

Con cada uno de los vehículos previamente equipados se procedió a recolectar datos cada segundo durante toda la ruta, comenzando con un tramo urbano para luego realizarlo en la ruta

seleccionada y posteriormente también en un tramo urbano de manera combinada, es decir sin pausar la recolección de datos ni los equipos cuando se pasaba de la zona urbana a la zona rural. Los datos recolectados son guardados bajo un formato .csv, formato que almacena datos separados por comas (,) con los cuales es imperativo convertirlos al formato .xls para poder realizar el filtrado de datos y el posterior análisis de los mismos.

Esta metodología desarrollada nos provocó un problema que no se podía dividir los datos tomados en carretera de los tramos urbanos, pero gracias a que el dispositivo ELM 327 integra un GPS que nos guarda datos de Latitud y Longitud y mediante esto se pudo determinar dos puntos que limita la zona urbana en la ciudad de Riobamba que es el By Pass Norte y en la ciudad de Ambato el intercambiador sur en la localidad de Huachi Grande. De tal manera que la ruta en carretera de cada recorrido parta y termine en los mismos puntos a fin de poder filtrar los datos de mejor manera.

### **2.5.2 Filtrado de datos**

Para el filtrado de datos es necesario cotejar los datos de ambos equipos tanto del escáner ELM 327 como del analizador Maha Met 6,3 creando una base de datos cotejando con tiempos desde horas hasta segundos con la finalidad de tener una base de datos representativa en cada recorrido ya sea urbano o de carretera previamente divididos y gracias a esto los datos erróneos se los puede filtrar conjuntamente de ambos dispositivos y evitar que nos genere errores al introducirlos en los algoritmos posteriormente y poder generar los ciclos de conducción sin problema.

A más de los datos erróneos obtenidos en las mediciones como de que no exista valores en un intervalo determinado como por ejemplo (#NV) o ceros que indican valores erróneos, si bien es cierto el equipo del analizador tenía un determinado intervalo de medición y se reiniciaba, en esos instantes existía un intervalo de datos erróneos de todos los gases medidos, esos valores representados en esos intervalos se los eliminaba conjuntamente con los del escáner.

También existía datos erróneos en cuanto al escáner que se guardaban con formato de fecha o con unidades en ordenes exorbitantes a los cuales se les debía dividir para un factor como 1M o 100K para tener una base de datos representativa.

### **2.5.3 Base de datos**

Para obtener una base de datos, se necesita conocer los criterios de evaluación para validar el ciclo de conducción representativo, así como también para el análisis de emisiones, se obtuvo una base

de datos que asocie los datos provenientes del motor además de los datos de combustible, coeficientes moleculares de la formula química del combustible y los factores de emisiones. En cuanto al ciclo de conducción se necesita datos como RPM del motor, velocidad, consumo, aceleración, altitud, potencia carga entre otros. Con esto podemos asociar y realizar los análisis expuestos en el primer capítulo plasmados en los objetivos.

CO (MET6)	CO	CO (MET6) CORREGIDO	CO2	CO2	CO2 CORREGIDO	HC	HC (MET6)	HC (MET6) CORREGIDO	HC ppm	Lambda	Lambda (MET6)	NO	NO (MET6)	NO ppm	O2 (MET6)%	O2 (MET6)
A	Z	B	X	C8H18 GASOLINA		AIRE	CO mol	F.E CO g/km	CO2 mol	F.E CO2 g/km	HC mol	F.E HC g/km	NO mol	F.E NO g/km	O2 mol	F.E O2 g/km
							mol	g/km	mol	g/km	mol	g/km	mol	g/km	mol	g/km
GPS SPEED	VELOCIDAD MAYOR A 2KM/H	speed km/h	speed mph	GPS Altitude(m)	Engine Load(%)	Fuel flow rate/hour(l/hr)	Fuel flow rate/hour(gal/hr)	Fuel flow gr/km	Fuel flow gr/km CORREGIDO	Kilometers Per Litre(Instant)(kpl)	Litres Per 100 Kilometer(Instant)(l/100km)	Litres Per 100 Kilometer(Instant)(l/100km) CORREGIDO	Intake Manifold Pressure(bar)	Intake Manifold Pressure(PSI)		
m/s	km/h	km/h	mph	m	%	gal/hr	gr/km	gr/km	gr/km	kpl	L/100km	L/100km		psi		
Engine calculo(rpm)	Trip average MPG(mpg)	Torque(Nm)	Horsepower (At the wheels)(hp)	Barometric pressure (from vehicle)(kpa)	Acceleration Sensor(Total)(g)	Trip Time(Since journey start)(s)	Trip time(whilst stationary)(s)	Trip time(whilst moving)(s)	Speed (GPS)(km/h)	Speed (OBD)(km/h)	Acceleration Sensor(X axis)(g)	Engine Load(Absolute)(%)	Fuel used (trip)(l)	Trip Distance(km)	Engine kW (At the wheels)(kW)	
rpm																

**Ilustración 8-2:** Base de datos obtenida

Fuente: Llerena Davis, 2022

## CAPÍTULO III

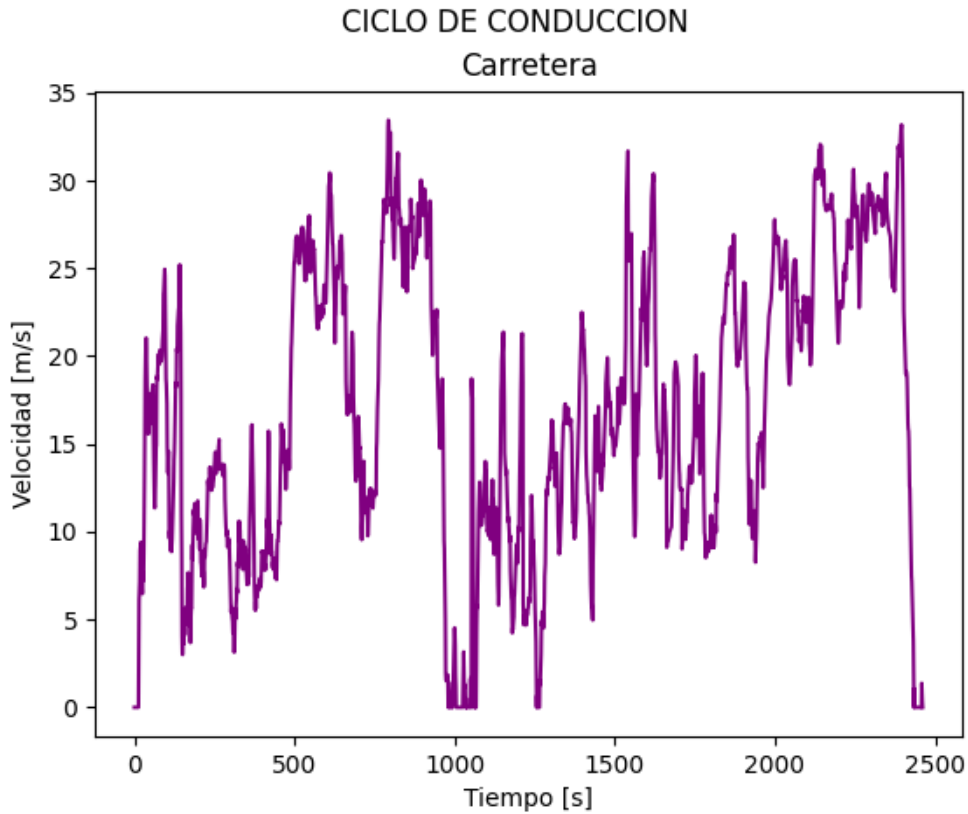
### 3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se han desarrollado dos ciclos de conducción a partir de patrones y parámetros característicos de conducción en un total de doce horas de conducción estableciendo un ciclo urbano y un ciclo en carretera que es la base de este proyecto de investigación, tomando en cuenta que los recorridos en el levantamiento de datos fueron desarrollados de manera combinada

De la misma manera que en el ciclo de conducción de Estados Unidos FTP 75 se decidió realizar un tramo de calentamiento del vehículo en la zona urbana de cada localidad con el fin de que el auto se encuentre en condiciones normales de funcionamiento de unos quince minutos por ciudad y también al llegar al destino se realizó el mismo tramo urbano, a fin de simular una conducción normal de una ciudad a otra. Esto provocó que se necesite generar un ciclo urbano que engloba las dos ciudades de Ambato y Riobamba ya que sus características no son muy diferentes y un ciclo en carretera que conecta estas dos ciudades.

#### 3.1 Ciclo de conducción en Carretera

En el ciclo obtenido para el tramo Ambato-Riobamba que se realizó en viajes de ida y vuelta, se recolectó una muestra de datos necesarios para la obtención del ciclo descritos anteriormente en el marco teórico, ya que la recolección de datos se obtuvo en áreas combinadas de ciudad y carretera, mediante los datos de latitud y longitud almacenados por el dispositivo ELM 327 se pudo separar ambas muestras, con los datos filtrados se procedió a enviar la muestra de carretera hacia un programa desarrollado por (Plaza, 2021) denominado Algoritmo para la Construcción de Ciclos de conducción.



**Ilustración 1-3:** Ciclo de conducción en carretera

Fuente: (Plaza, 2021)

A continuación, tenemos los parámetros característicos obtenidos por el Algoritmo para obtener Ciclos de conducción.

**Tabla 1-3:** Parámetros de muestra y ciclo de conducción representativo

<b>Parámetros Característicos</b>	<b>Muestra</b>	<b>CCR</b>	<b>Unidades</b>
Velocidad máxima	34,30833	33,44444	<i>m/s</i>
Velocidad promedio	15,39208	16,93102	<i>m/s</i>
Desviación estándar velocidad	8,409483	8,393473	<i>m/s</i>
Aceleración máxima positiva	0,51	0,51	<i>m/s<sup>2</sup></i>
Aceleración promedio positiva	0,19907	0,191846	<i>m/s<sup>2</sup></i>
Desviación estándar Aceleración positiva	0,078536	0,063841	<i>m/s<sup>2</sup></i>
Aceleración máxima negativa	-0,32	-0,32	<i>m/s<sup>2</sup></i>
Aceleración promedio negativa	-0,18103	-0,184	<i>m/s<sup>2</sup></i>

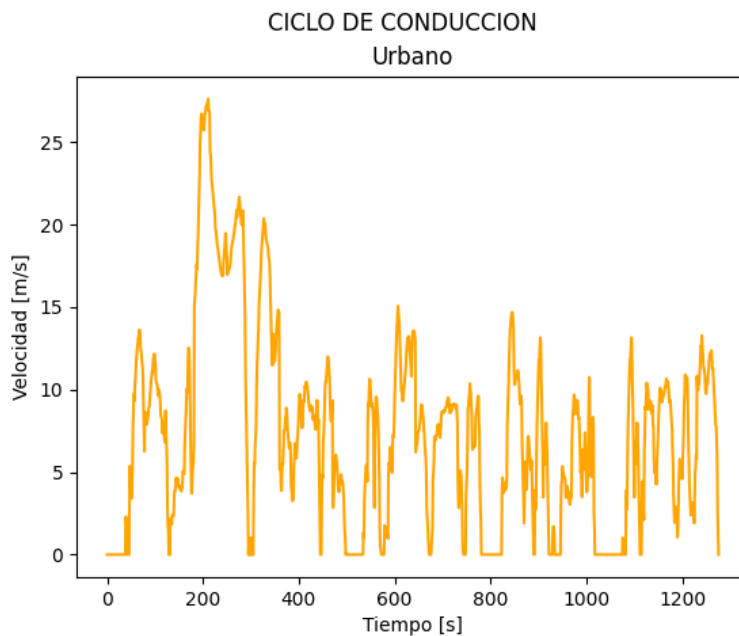
Desviación estándar Aceleración negativa	0,043202	0,042583	$m/s^2$
% tiempo ralenti	3,937433	3,939886	%
% tiempo aceleración positiva	8,13367	5,28026	%
% tiempo aceleración negativa	2,932255	2,233956	%
% tiempo crucero	85,34671	88,5459	%
Aceleraciones por km	9,633778	9,012742	$m/s^2$
consumo	0,074242	0,071515	$L/s$

**Fuente:** Investigación de campo

**Realizado por:** Llerena David, 2022

### 3.2 Ciclo de conducción Urbano

En el ciclo obtenido para el tramo en ciudad se combinó ambas muestras de ciudades que ya teníamos separadas y estas al encontrarse en posiciones geográficas similares, aunque no iguales se pudo combinarlas para generar un ciclo de conducción de ciudad de la misma manera con los datos filtrados se procedió a enviar la muestra hacia un programa desarrollado por (Plaza, 2021).



**Ilustración 2-3:** Ciclo de conducción en área urbana

**Fuente:** (Plaza, 2021)



A continuación, tenemos los parámetros característicos obtenidos por el Algoritmo para obtener Ciclos de conducción.

**Tabla 2-3:** Parámetros de muestra y ciclo de conducción representativo

<b>Parámetros Característicos</b>	<b>Muestra</b>	<b>CCR</b>	<b>Unidades</b>
Velocidad máxima	16,89444	17,61111	<i>m/s</i>
Velocidad promedio	6,536681	7,367093	<i>m/s</i>
Desviación estándar Velocidad	4,670358	6,025479	<i>m/s</i>
Aceleración máxima positiva	0,48	0,49	<i>m/s<sup>2</sup></i>
Aceleración promedio positiva	0,089102	0,089657	<i>m/s<sup>2</sup></i>
Desviación estándar Aceleración positiva	0,068017	0,074106	<i>m/s<sup>2</sup></i>
Aceleración máxima negativa	-0,415	-0,43	<i>m/s<sup>2</sup></i>
Aceleración promedio negativa	-0,19867	-0,19865	<i>m/s<sup>2</sup></i>
Desviación estándar negativa	0,066223	0,061362	<i>m/s<sup>2</sup></i>
% tiempo ralenti	19,11939	18,71574	%
% tiempo aceleración positiva	38,37244	52,54503	%
% tiempo aceleración negativa	3,734878	5,794832	%
% tiempo crucero	23,71277	22,9444	%
Aceleraciones por km	12,79286	14,65904	<i>m/s<sup>2</sup></i>
consumo	0,104704	0,101127	<i>L/s</i>

**Fuente:** Investigación de campo

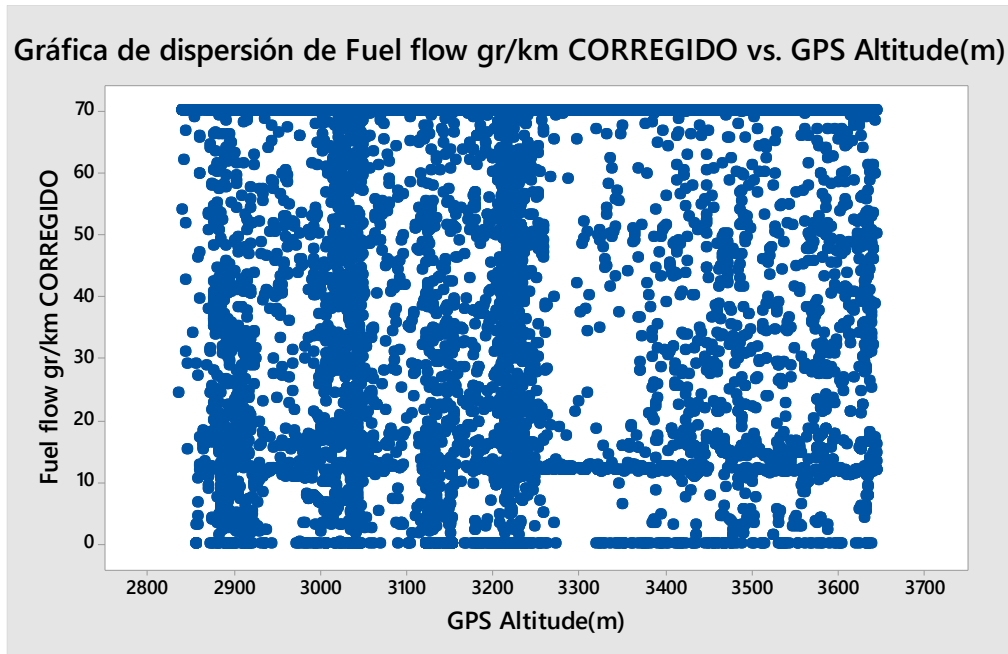
**Realizado por:** Llerena David, 2022

### 3.3 Consumo de Combustible

En cuanto a los objetivos planteados nos propusimos estudiar el consumo de combustible en función de la altitud a la que se encuentre funcionando los vehículos, mediante la herramienta minitab se logró graficar el flujo de combustible expresado en gr/Km versus la altitud en msnm.

En la figura 3.3 se puede observar como a medida que la altitud de funcionamiento del vehículo aumenta se reduce el flujo esto es porque cuanto más altitud tenemos el oxígeno se reduce y esto

provoca que la ECU comande a que los inyectores proporcionen menos combustible para tener una mezcla apropiada de aire y combustible. No es posible observar una gran diferencia entre 2800msnm y los 3600msnm, ya que la diferencia de presión barométrica o de oxígeno es menor a comparación de cómo se tendría a nivel del mar.

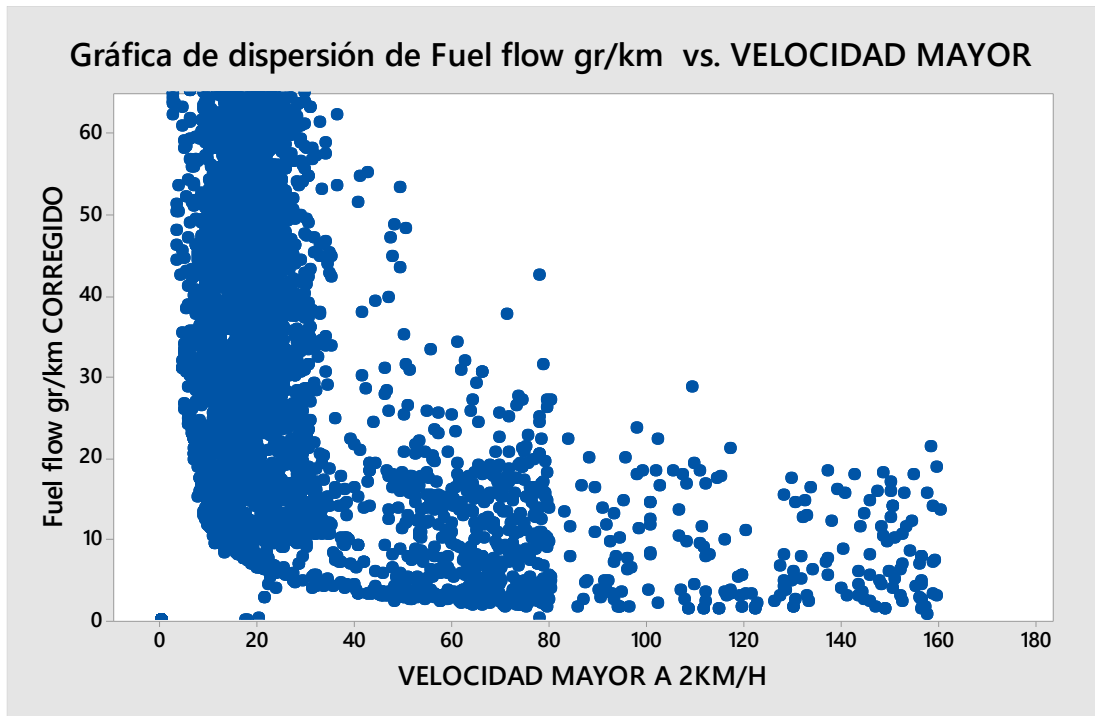


**Ilustración 3-3:** Consumo de combustible en el tramo de carretera.

**Fuente:** Investigación de campo

**Realizado por:** Llerena David, 2022

Pero si observamos la ilustración 3-3 la cual hemos analizado el flujo de combustible en función de la velocidad del vehículo notamos una tendencia a que mientras mayor sea la velocidad del vehículo en consumo es menor y a menor velocidad el consumo es mayor.

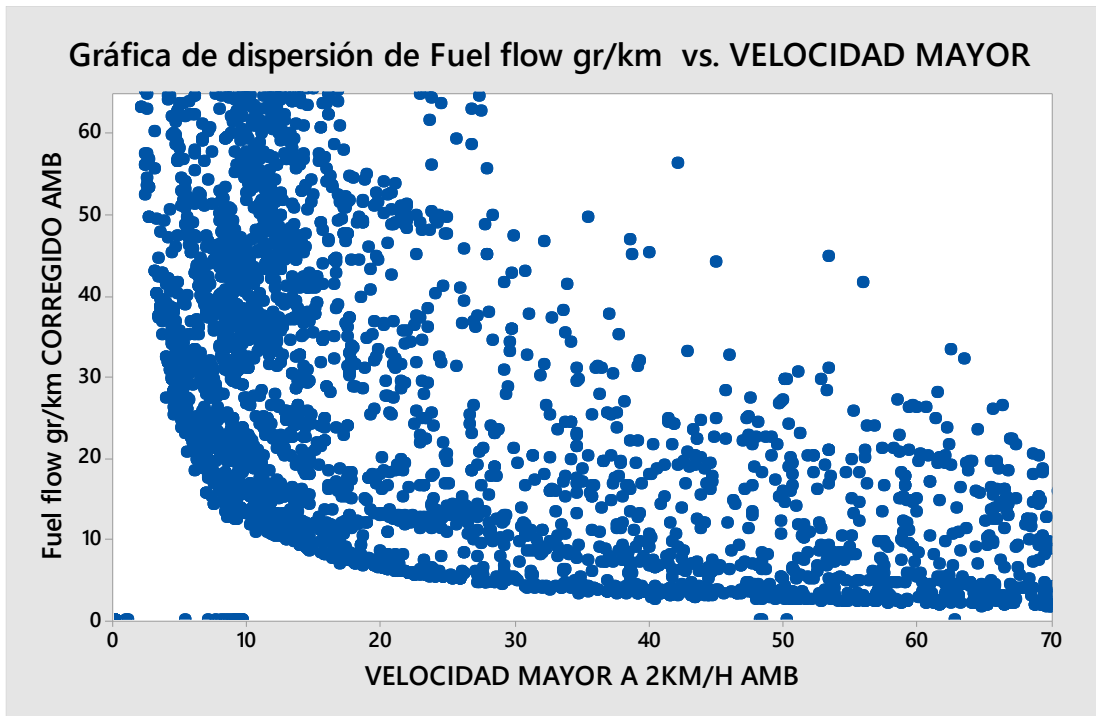


**Ilustración 4-3:** Consumo de combustible en el tramo de carretera.

**Fuente:** Investigación de campo

**Realizado por:** Llerena David, 2022

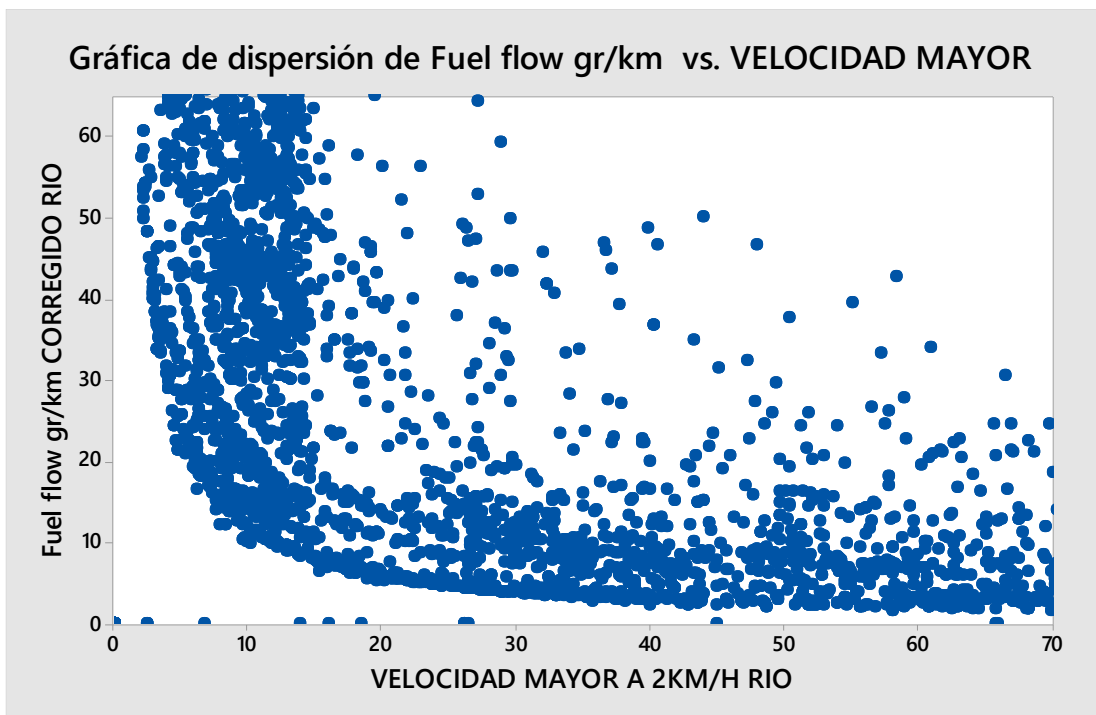
Analizamos también el consumo de combustible en cada ciudad y encontramos la misma tendencia con la diferencia de que entre estas dos ciudades las características de manejo son muy diferentes, la ciudad de Ambato tiene mayor relieve que Riobamba además de tener una conducción más agresiva en relación a Riobamba que tiene una conducción más pasiva como podemos observar en las ilustraciones 5-3 y 6-3.



**Ilustración 5-3:** Consumo de combustible en el tramo urbano Ambato

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Llerena David, 2022



**Ilustración 6-3:** Consumo de combustible

Fuente: Investigación de campo

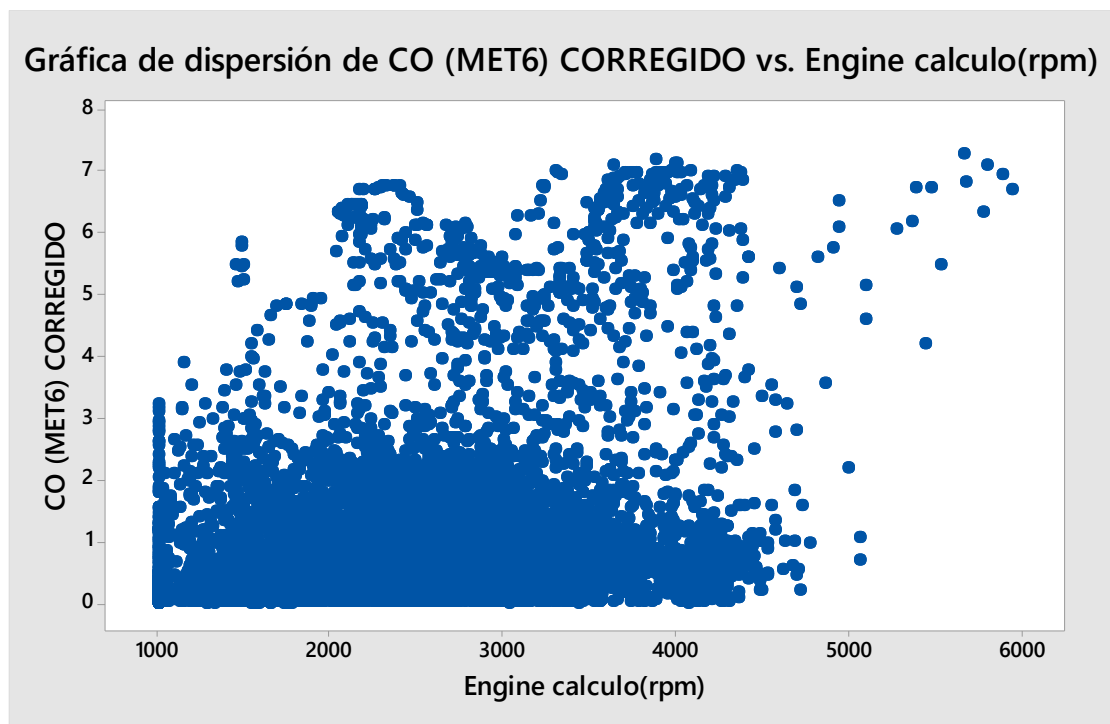
Realizado por: Llerena David, 2022

### 3.4 Emisiones en función de la altitud.

Realizando el análisis de emisiones en función de la altitud de funcionamiento del vehículo se realizó con elementos más significativos de contaminación como son: Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono y los Hidrocarburos.

En cuanto al monóxido de carbono pudimos notar que el efecto de la altitud es ínfimo, es decir que a medida que aumenta la altitud el porcentaje de monóxido de carbono aumenta en pequeñas cantidades, es decir la inferencia del oxígeno en la estequiometría provoca que el motor trabaje con mezcla rica y produce combustiones incompletas.

Al analizar la relación entre las emisiones de monóxido de carbono en función del régimen del motor es decir las rpm, se pudo observar que a medida que aumenta las revoluciones del motor el contenido en CO se reduce sustancialmente.



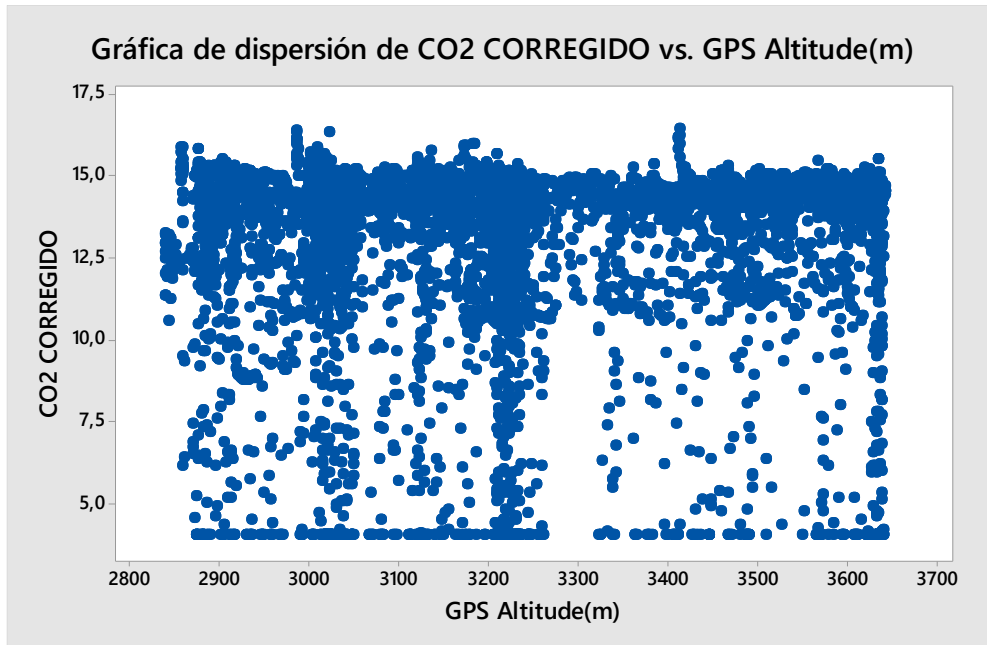
**Ilustración 7-3:** Emisiones de CO en función de las RPM

**Fuente:** Investigación de campo

**Realizado por:** Llerena David, 2022

En cambio en las emisiones de Dióxido de carbono si interviene la presión atmosférica a la cual está trabajando el motor del vehículo y por consiguiente la altitud ya que es inversamente proporcional a la presión atmosférica, en este caso cuanto a más altitud funcione el vehículo, las

emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen, a continuación es difícil observar una gran variación ya que la diferencia entre las ciudades de Ambato y Riobamba y la ruta que las conecta es de 0,71bar a 2850msnm y 0,64bar a 3650msnm, si se tuviese mediciones a nivel del mar, claramente tendríamos una gráfica más clara del efecto mencionado.



**Ilustración 8-3:** Emisiones de CO<sub>2</sub> en función de la Altitud

**Fuente:** Investigación de campo

**Realizado por:** Llerena David, 2022

Para los hidrocarburos no combustionado poseen un valor elevado a 0msnm y una tendencia a elevar a medida que aumenta la altitud según el Artículo de Investigación publicado por (Arroyo Terán, Cevallos González, Imbaquingo Navarrete, & Luis, 2019).

De la misma forma que en el análisis anterior es difícil observar una tendencia pronunciada en la gráfica de HC en función de la altitud, por eso se decidió realizar un análisis de acuerdo o en función al régimen del motor. Teniendo como tendencia de que a medida que la velocidad del motor aumenta se reduce las emisiones de HC.

## CONCLUSIONES

- Se logro obtener el ciclo de conducción representativo para la carretera que conecta las ciudades de Ambato y Riobamba, mediante el programa que se trata de un Algoritmo para generar ciclos de conducción a partir de parámetros específicos, pero además se obtuvo un ciclo de conducción urbano por la técnica usada en la recolección de datos.
- Al graficar los datos de consumo de combustible para saber cómo afecta la altitud no se logró deducir que la altitud no afecta de manera representativa sobre el consumo, claro que existe una ligera variación que indica que a mayor altitud el consumo se reduce en base a la cantidad de oxígeno aspirado y la presión barométrica.
- Para lograr identificar una diferencia de consumo se realizó la gráfica en función de la velocidad, en este caso si se nota que existe una diferencia enorme de consumo, es decir a menores rangos de velocidades representa un mayor consumo en relación a rangos más elevados de velocidad.
- En cuanto a la relación consumo-velocidad, aplicada para cada ciudad nos podemos dar cuenta que en la ciudad de Ambato hay un ligero consumo más alto en relación a la ciudad de Riobamba, esto se justifica porque Ambato tiene un patrón de conducción más agresivo, además de muchas pendientes a diferencia de Riobamba que es una ciudad más plana.
- Analizando las Emisiones de monóxido de carbono, dióxido de carbono, y los hidrocarburos con respecto a la altitud y a la variación del régimen del motor, se pudo observar que la velocidad del motor es el factor primordial para la generación de monóxido de carbono, en cuanto al dióxido de carbono es la altitud y por ende la presión atmosférica indica que a menor presión atmosférica, disminuye también la concentración en volumen de CO<sub>2</sub>, y para los hidrocarburos se encontró una relación también con el régimen del motor reduciendo a medida que aumenta las revoluciones se reduce los HC o hidrocarburos no combustionados.

## RECOMENDACIONES

- Para implementar los equipos de medición es necesario realizar un pequeño mantenimiento, en especial del analizador de gases ya que este se debe limpiar antes de cada medición, además de cambiarse los filtros externos para evitar que el agua condensada ingrese al equipo.
- El ajuste de la pinza y sonda deben ser fijos y con materiales resistentes al calor ya que esta pieza es de suma importancia para la medición, y además es muy costosa.
- Se necesita un inversor de voltaje para tener una fuente permanente de voltaje hacia el equipo ya que si este llega a desconectarse tarda algunos minutos en reiniciarse y eso podría perjudicar la medición.
- En cuanto al dispositivo ELM 327 hay que tener mucho cuidado de no desconectarlo ya que la mayoría de fabricantes coloca el puerto OBDII cerca del conductor y al estar conduciendo se le puede mover, eso genera tramos perdidos de información, además de que en cada viaje debemos subir el tramo a la nube, encerrar el los contadores y continuar con el siguiente tramo.
- Para el filtrado de datos es conveniente cotejar los datos segundo a segundo de los dos dispositivos para que exista una concordancia y así poder eliminar el segundo defectuoso de ambos elementos para que al final no nos de problemas al introducir los datos al programa para la obtención del ciclo representativo.



## **BIBLIOGRAFÍA**

**AL-SAMARI, A.** Study of emissions and fuel economy for parallel hibrid versus conventional vehicles on real world and standard driving cycles. 2017. *Alexandria Eng. J.*, vol. 56, no. 4, 721-726.

**ARROYO TERÁN, E. S., CEVALLOS GONZÁLEZ, A. F., IMBAQUINGO NAVARRETE, R. P., & LUIS, M. O.** *Estudio del efecto de la altitud sobre las emisiones de gases de escape de motores de combustion interna con encendido provocado.* 2019. Ibarra.

**ASOCIACIÓN DE EMPRESAS AUTOMOTRICES DEL ECUADOR.** *Fayals Autos.* Obtenido de Parque Automotor envejece en Ecuador: <https://www.fayals.com/2021/08/autos-viejos-ecuador-2021.html#:~:text=En%20Ecuador%20tenemos%20un%20parque,de%20empresas%20automotrices%20del%20Ecuador>).

**BARLOW, T., LATHAM, S., MCCRAE, I., & BOULTER, P.** A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions. 2009. *TRL Limited.*

**BENALCAZAR, L. C., ACEVEDO, H., OSSESS, M., & ROJAS, N.** *Construcción de los Ciclos de Conduccion de Bogotá para la Estimacion de Factores de Emisión Vehiculares y Consumos de Combustible.* 2013. Bogotá.

**BISHOP, J., AXON, C., & MCCULLOCH, M.** A robust, data-driven methodology for real-world driving cycle development. 2012. *Transp. Res. Part D 17 (5)*, 389-397.

**Bosch, R.** *Manual de la Técnica del Automóvil.* Plochingen. 2005.

**CALVA, R., & FLORES, A.** *Obtencion del Ciclo de Conduccion Urbano para la Ciudad de Riobamba.* 2020. Riobamba.

**Charlie, C., & Romain, N.** *Car Engineer.* Obtenido de Los Diferentes Ciclos de Conduccion: <https://www.car-engineer.com/the-different-driving-cycles/>. 2013.

**CORVALÁN, R., & URRUTIA, C.** Emission Factors for Gasoline Light-Duty Vehicles: Experimental Program in Santiago, Chile. 2000. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2102-2111. Obtenido de Journal of the Air & Waste Management Association.

**DIESELNET.** *DieselNet.* Obtenido de Ciclos de Prueba de Emisiones: <https://dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.php>. 2011.

**DIESELNET.** *DieselNet.* Obtenido de Ciclos de Pruebas de Emisiones: <https://dieselnet.com/standards/cycles/ftp72.php>. 2011.

**GIRALDO, M., & HUERTAS, J.** Real emissions, driving patterns and fuel consumption of in-use diesel buses operating at high altitude. *Transport. Res. Part D:Transport Environ.* 77, 21-36. 2019.

**GONZÁLEZ OROPEZA, R.** *los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte.* 2005. Mexico D.F.

**GOOGLE MAPS.** *Google.* Obtenido de Google Maps: <https://www.google.com/maps/dir/Ambato/Riobamba/@-1.4464397,-78.7931818,10.75z/data=!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x91d381a37fef551f:0x7a2dbc24d832161b!2m2!1d-78.6228504!2d-1.2543408!1m5!1m1!1s0x91d3a8255b072981:0xcb8509cd0a3fdf99!2m2!1d-78.6588786!2d-1.6650227?hl>. 2021.

**Huertas, J. G.** *ScienceDirect.* (2018a). Obtenido de Driving cycles that reproduce driving patterns, energy consumptions and tailpipe emissions: <https://doi.org/10.3390/en11113064>.

**HUERTAS, J.I.; DÍAZ, J.; CORDERO, D.; CEDILLO, K.** A new methodology to determine typical driving cycles for the design of vehicles power trains. (2018b). *Int. J. Interact.Des. Manuf.* 12 (1), 319-326.

**HUNG, W., TONG, H., LEE, C., HA, K., & PAO, L.** Development of a practical driving cycle construction methodology: A case study in Hong Kong. 2007. *Transport. Transport Environ.* 12 (2), 115-128.

**HURTADO GÓMEZ, A.** Desarrollo de ciclo de conducción para el área metropolitana centro occidente-Amco. 2014.*Pereira*.

**IEA.** *Data & Statistics- IEA.* (20 de Marzo de 2017). Obtenido de Emisiones de CO<sub>2</sub> por fuente de energía, Mundo 1990-2017: 2020

**JOHNSON, T., FORMENTI, D., GRAY, R., & PETERSON, W.** Measurement of Motor vehicle operation pertinent to fuel economy. 1975. *SAE Paper*.

**KRUSE, R., & HULS, T.** Development for the Federal Urban Driving Cycles. 1973. *SAE Paper* 730553.

**LAPUERTA, M., ARMAS, O., AGUDELO, J., & AGUDELO, A.** Estudio del Efecto de la Altitud sobre el Comportamiento de Motores de Combustión Interna . 2006. *Inf. Tecnológica*, vol. 17, no. 5, pp. 31-41.

**LYU, M., BAO, X., WANG, Y., & MATTHEWS, R.** Analysis of emissions from various driving cycles based on real driving measurements obtained in a high-altitude city. 2020. *Proc. Inst. mech. Eng. Part DJ. Automob.no* 8, doi:10.1177/0954407019898959.

**MONTUFAR PAZ, P. A., HUERTAS CARDOSO, J. I., CUISANO EGUSQUIZA, J. C., & PÉREZ FIALLOS, J. F.** Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión. 2021. *Dominio de las Ciencias*, 1001-1019.

**MONTÚFAR PAZ, P., PADILLA ABAD, C., QUINGA, M., & RAZO CIFUENTES, A.** Análisis de los factores de emisiones dinámicos para el vehículo Toyota Hi Lux con motor de Ciclo Otto S.I para altitudes superiores a los 2500m . 2019. *CiencDigit*, vol.3, no. 2, pp. 602-619.

**MOREY, J., LIMANOND, T., & NIEMEIER, D.** Validity of chase car data used in developing emissions cycles. *Special issue on the Statical Analysis and Modeling of Automotive Emissions. Journal of Transportation and Statistics*, 2000. 15-28.

**OSSES, M., & ROJAS, D.** *Determinacion Experimental de Ciclos de Conduccion de Vehiculos para la Ciudad de Santiago.* 2003.Santiago.

**PÉREZ LLANOS, P. S., & QUITO SINCHI, C. O.** *Determinacion de los Ciclos de Conducción de un Vehículo categoría M1 para la ciudad de Cuenca.* 2018.Cuenca.

**PLAZA, J. M.** *Elaboración de un Algoritmo para la Construcción de Ciclos de Conducción .* 2021. Riobamba.

**QUINCHIMBLA PISUÑA, F. E., & SOLÍS SANTAMARÍA, J. M.** *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.* 2017. Quito.

**RAKOPOULOS, C., & GIAKOUMIS, E.** *Diesel Engine Transient Operation Principles of Operation and Simulation Analysis.* 2009. Atenas: Grecia, Springer.

**SANDÍ, I. R..** *Desarrollo de un Ciclo de Conducción para la ciudad de San José de Costa Rica.* 2009. San José.

**SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACION Y DESARROLLO.** *Procesos de Desconcentración del Ejecutivo en los niveles administrativos de Planificación.* 2012. *Folleto Informativo*, 6-10.

**TONG, H., & HUNG, W.** *A framework for developing driving cycles with on-road driving data.* 2010. *Transport Rev.* 30(5), 589-615.

## **ANEXOS**

**ANEXO A: MODELO DE ENCUESTA**

**ANEXO B: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA**  
**EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**  
**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**  
**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** / 07 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> David Ricardo Llerena Viteri
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Mecánica
<b>Carrera:</b> Ingeniería en Automotriz
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Automotriz
<b>f. Analista de bibliotecas responsable:</b>