

Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores  
de emisión

---



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2143>

Ciencias técnicas y aplicadas  
Artículo de investigación

*Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores  
de emisión*

*Development of a micro-trip driving cycle and obtaining emission factors*

*Desenvolvimento de um ciclo de condução de micro-viagem e obtenção de fatores  
de emissão*

Paul Alejandro Montufar-Paz <sup>I</sup>  
[paul.montufar@epoch.edu.ec](mailto:paul.montufar@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-9062-8704>

Julio Cesar Cuisano-Egusquiza <sup>III</sup>  
[jcuisano@pucp.pe](mailto:jcuisano@pucp.pe)  
<https://orcid.org/0000-0002-2175-3656>

José Ignacio Huertas-Cardoso <sup>I</sup>  
[jhuertas@itesm.com.mx](mailto:jhuertas@itesm.com.mx)  
<https://orcid.org/0000-0003-4508-6453>

José Francisco Pérez-Fiallos <sup>IV</sup>  
[jperez@epoch.edu.ec](mailto:jperez@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-0229-4770>

**Correspondencia:** [paul.montufar@epoch.edu.ec](mailto:paul.montufar@epoch.edu.ec)

\***Recibido:** 08 de junio de 2021 \***Aceptado:** 08 de julio de 2021 \* **Publicado:** 05 de agosto de 2021

- I. Maestro en Ingeniería Automotriz, Ingeniero Automotriz, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Instituto Superior Tecnológico de Monterrey Monterrey, Ecuador.
- III. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- IV. Magister en Gestión Industrial y Sistemas Productivos, Diploma Superior las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación y Su Aplicación en la Práctica Docente Ecuatoriana Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa, Ingeniero Industrial, Tecnólogo Mecánico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

## Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

---

### Resumen

Para establecer un ciclo de conducción representativo para los vehículos livianos de la ciudad de Riobamba, se recopiló información de: consumo de combustible, patrones de conducción, señales de sensores del automóvil, la concentración volumétrica de  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $THC$ ,  $NOx$ ,  $O_2$  en la urbe a vehículos livianos propulsados por gasolina: super (92° de octanaje) y extra (87° de octanaje). Estas pruebas se realizaron durante 8 meses monitoreando las 10 marcas con mayor demanda en la localidad, a una altitud > 2700 msnm, utilizando un analizador de emisiones Maha Met 6.3, con su software generador de datos en tiempo real Maha Emission Viewer y un terminal OBD2 que en conjunto obtuvieron 52 parámetros de funcionamiento de cada automóvil. A continuación, se aplicó el análisis de datos para obtener los parámetros característicos y dividir el total de mediciones en 500 micro viajes, los mismos que fueron agrupados en clústers en base a sus parámetros de velocidad promedio y aceleración promedio positiva. Ponderando el tamaño de cada clúster se realizó una selección aleatoria de micro viajes con los cuales producto de agruparlos se procedió a la construcción del ciclo. La selección del tiempo del ciclo resultante obedece a la evaluación de la representatividad del mismo en función de su duración, si bien el margen varía entre 500 a 20 000 segundos, los  $800\pm 60$  segundos guarda

El ciclo de conducción objetivo que tiene  $800\pm 60$  segundos, se lo evaluó conforme a un margen máximo de desviación del 5% conforme a la velocidad promedio del conjunto de lecturas obtenidas bajo el método de persecución e instrumentación individual del vehículo. A partir de la concentración volumétrica obtenida en cada punto de medición se obtuvieron los factores de emisión bajo el método de balance de carbonos.

**Palabras clave:** Consumo de combustible; emisiones vehiculares; gasolina; ciclo de conducción; factores de emisión.

### Abstract

To establish a representative driving cycle for light vehicles in the city of Riobamba, information was collected on: fuel consumption, driving patterns, car sensor signals, the volumetric concentration of  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $THC$ ,  $NOx$ ,  $O_2$  in the city to light vehicles powered by gasoline: super (92 ° octane) and extra (87 ° octane). These tests were carried out during 8 months monitoring the 10 brands with the highest demand in the town, at an altitude > 2700 meters above sea level, using a Maha Met 6.3

## Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

---

emissions analyzer, with its Maha Emission Viewer real-time data generator software and an OBD2 terminal. which together obtained 52 operating parameters for each car. Next, the data analysis was applied to obtain the characteristic parameters and divide the total measurements into 500 micro trips, which were grouped into clusters based on their parameters of average speed and positive average acceleration. Weighing the size of each cluster, a random selection of micro trips was made with which, as a result of grouping them, the cycle was built. The selection of the resulting cycle time is due to the evaluation of its representativeness based on its duration, although the margin varies between 500 to 20,000 seconds, the  $800 \pm 60$  seconds saves

The target driving cycle, which has  $800 \pm 60$  seconds, was evaluated according to a maximum margin of deviation of 5% according to the average speed of the set of readings obtained under the method of pursuit and individual vehicle instrumentation. From the volumetric concentration obtained at each measurement point, the emission factors were obtained under the carbon balance method.

**Keywords:** Fuel consumption; vehicular emissions; gasoline; driving cycle; emission factors.

### Resumo

Para estabelecer um ciclo de direção representativo para veículos leves na cidade de Riobamba, foram coletadas informações sobre: consumo de combustível, padrões de direção, sinais do sensor do carro, a concentração volumétrica de  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $THC$ ,  $NO_x$ ,  $O_2$  na cidade para veículos leves movidos pela gasolina: super (92 ° octanas) e extra (87 ° octanas). Esses testes foram realizados durante 8 meses, monitorando as 10 marcas de maior demanda da cidade, a uma altitude > 2700 metros acima do nível do mar, por meio de um analisador de emissões Maha Met 6.3, com seu software gerador de dados em tempo real Maha Emission Viewer e um terminal OBD2, que juntos obtiveram 52 parâmetros operacionais para cada carro. Em seguida, a análise dos dados foi aplicada para obter os parâmetros característicos e dividir as medições totais em 500 micro viagens, que foram agrupadas em clusters com base em seus parâmetros de velocidade média e aceleração média positiva. Ponderando o tamanho de cada cluster, foi feita uma seleção aleatória de micro-viagens com as quais, a partir do agrupamento, foi construído o ciclo. A seleção do tempo do ciclo resultante deve-se à avaliação de sua representatividade com base em sua duração, embora a margem varie entre 500 a 20.000 segundos, os  $800 \pm 60$  segundos economizam

O ciclo alvo de condução, que tem  $800 \pm 60$  segundos, foi avaliado segundo uma margem máxima de desvio de 5% em função da velocidade média do conjunto de leituras obtido pelo método de

## Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

---

perseguição e instrumentação individual do veículo. A partir da concentração volumétrica obtida em cada ponto de medição, os fatores de emissão foram obtidos pelo método do balanço de carbono.

**Palavras-chave:** Consumo de combustível; emissões veiculares; Gasolina; ciclo de condução; fatores de emissão.

### Introducción

un impacto negativo sobre el ambiente urbano y la salud pública. Conforme al último reporte de la Agencia Internacional de Energía, IEA, el sector del transporte entrega al ambiente el 30% de las emisiones totales de efecto invernadero al ambiente y el sector consume casi el 40% de las fuentes de energía mundiales. Riobamba es una ciudad con una temperatura promedio de 12°C, con una población de 146324 habitantes y que en su urbe diariamente circulan cerca de 50 000 automóviles de los cuales el 85% funcionan con gasolina. A pesar del tamaño de la ciudad y su amplio parque automovilístico al igual que varias ciudades del Ecuador no cuenta con un ciclo de conducción representativo.[1]

Para poder mitigar este duro efecto del transporte sobre los daños a la salud y al medio ambiente se han realizado una serie de estudios y producto de los mismos los gobiernos han impuesto una serie de medidas estrictas para el control de emisiones y el estándar de revisión es un ciclo de conducción representativo. China en la búsqueda de esto migró del Nuevo Ciclo de Conducción Europeo, NEDC a uno más realista y dinámico el Ciclo De Conducción De Trabajo Ligerero Armonizado WLTC basado en pruebas de emisiones de conducción reales, RDE. Sin embargo este ciclo de evaluación normalizado y armonizado a nivel mundial trabaja bien y es sugerido para altitudes inferiores a los 2400 msnm más no a altitudes superiores por lo cual mantiene una amplia gama de ciudades sin un ciclo de conducción representativo. Un estudio a profundidad de como el efecto de la altura que por sí solo genera un decremento en la eficiencia del motor y el tráfico de zonas concurridas no hacen más que exacerbar el problema. [2][3]

Un ciclo de conducción es un perfil de velocidad respecto al tiempo que busca describir fielmente el patrón de conducción de una ciudad y/o tipo de vehículo, de modo que logre recoger las particularidades de conducción de carácter endógeno y exógeno . [4]

Dependiendo del propósito bajo el cual fueron construidos los ciclos de conducción se conocen de dos tipos: legislativos y no legislativos. Los primeros tienen propósitos de homologación vehicular, control del impacto ambiental generado y manejo de la economía del combustible dentro de las

## Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

jurisdicciones, ejemplo de un ciclo de conducción legislativo son: WLTC, NEDC, FTP75 y J10-15. Los ciclos de conducción no legislativos tienen como propósito la evaluación del impacto ambiental y manejo energético desde un punto de vista investigativo y como ejemplo de este tipo de ciclos tenemos: el ciclo de conducción de Hong Kong y el ciclo de conducción urbano de Seúl.[5]

Las mediciones realizadas sobre los 2500 msnm son escasas y por tal motivo los parámetros de medición del impacto ambiental real generado por los vehículos pueden mostrar una realidad distorsionada respecto con el informe mostrado por las empresas manufactureras.[6]

La altitud entre la que oscila el recorrido urbano de la ciudad es de 2740 y 2890 metros sobre el nivel del mar, esto la convierte en un centro geográfico representativo para varias ciudades de latino américa con semejante condición como: Quito (2850m), Bogotá (2651), Ciudad de México (2240m), Cusco (3390). Producto del presente estudio es posible obtener información relevante respecto al impacto del motor de combustión interna en condiciones de altura sobre su desempeño, consumo energético y factores de emisión, teniendo en cuenta que la gran cantidad de ciudades de américa latina concentra en el transporte terrestre por carretera un porcentaje superior al 80% de toda la población que se desplaza en su interior.[7]

Entre los múltiples factores que afectan a las emisiones generadas por los vehículos de un modo general se puede clasificar en factores: exógenos y endógenos. [8] Los factores exógenos condicionan el funcionamiento del motor desde afuera mientras que los factores endógenos son variables internas que afectan el funcionamiento del motor , ejemplos de estos tipos de factores se los muestra en la tabla 1.

**Tabla 1:** Factores endógenos y exógenos que influyen sobre las emisiones generadas por el motor de combustión interna

Endógenos	Exógenos
Régimen de giro	Tráfico
Relación de transmisión	Vialidad
Dosado	Comportamiento dinámico del conductor
Potencia a las ruedas	Tipo de combustible
Temperatura de funcionamiento del motor	Condiciones atmosféricas
	Velocidad
	Aceleración
	Tipo de carretera

## Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

---

Para propósitos regulatorios un ciclo de conducción permite medir las emisiones generadas por un automóvil durante el proceso de homologación, sin embargo es necesario que el ciclo recoja las particularidades del patrón de conducción bajo criterios reales de operación para que pueda emitir un informe apegado a la realidad. Pero por el contrario los ciclos de conducción que hemos venido utilizando para este propósito en la ciudad han sido adoptados de otros países bajo criterios de operación completamente distintos. [5]

Las emisiones de vehículos livianos son controladas en laboratorio bajo el método de muestra de volumen constante (CVS) donde el auto debe seguir un ciclo de conducción estandarizado (normalmente el FTP75, US06, NEDC y WLTC) con el propósito de obtener los factores de emisión (*E<sub>Fi</sub>* expresados en g/km y de este modo evaluar la tecnología implementada aunque por el carácter controlado de los factores que interactúan en los laboratorios estas lecturas no siempre representan condiciones reales de operación.[9]

En vista del impacto que tiene la altitud a la que trabaja un automóvil sobre su consumo y emisiones es relevante el propósito de recolectar información simultanea de estos dos factores lo cual facilita la interpretación de la información en la búsqueda de la correlación mencionada anteriormente. [10]

El sistema de medición portátil (PEMS) es ampliamente utilizado para obtener los factores de emisión de *CO<sub>2</sub>*, *CO*, *THC*, *NO<sub>x</sub>*, *O<sub>2</sub>*, en vehículos a gasolina y para medir material particulado en vehículos a diésel, en localidades de baja altitud, principalmente en China, Estados Unidos e Italia sin embargo sus costos de operación se han convertido en un freno al momento de realizar estas mediciones en centros de investigación y universidades con presupuestos limitados y generar aportes investigativos de calidad que permitan contribuir a la cuantificación del impacto ambiental vehicular. [3]

El presente estudio es realizado utilizando un analizador de emisiones de concentración volumétrica con reporte de datos en tiempo real.

El propósito de esta investigación es construir un ciclo de conducción representativo para la ciudad de Riobamba, utilizando el método de micro viajes y sobre esta métrica evaluar el impacto ambiental del parque automotor propulsado por gasolina, considerando para el efecto las características relevantes tales como: la altitud de la ciudad y las cilindradas de los automóviles.

Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

## Materiales y métodos

Para obtener datos del mundo real, RDE 1, que permitan generar un ciclo de conducción se realizaron mediciones simultáneas de emisiones y valores operativos de los sensores del vehículo por puerto OBD II, entre ellos el consumo instantáneo de gasolina, en 20 vehículos que cubren los segmentos más representativos de la ciudad (Audi, Chevrolet, Hyundai, Kia, Volkswagen, Great Wall) durante 8 meses, la tabla 2 muestra los parámetros obtenidos.

**Tabla 2:** Detalle de los parámetros de instrumentación en los vehículos para el registro de información simultánea en pruebas de carretera

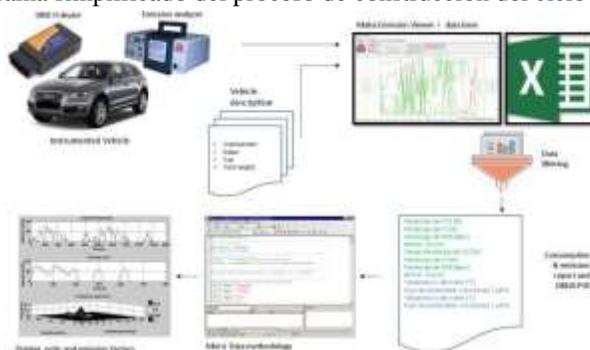
Lecturas del analizador emisiones	Fórmula química	Lectura de sensores del automóvil por el OBD II	PID de referencia (hex)
Dióxido de carbono	$CO_2$	Ajuste de combustible a corto y largo plazo	06 / 07 / 08 / 09
Monóxido de carbono	$CO$	Velocidad del automóvil	0D
Total de hidrocarburos	$THC$	Carga del motor	04
Dióxido de nitrógeno	$NO_2$	Consumo instantáneo de combustible	5E
Monóxido de hidrógeno	$NO$	Posición de mariposa de aceleración	11
Temperatura del aceite de motor		Velocidad del motor	0C
Oxígeno	$O_2$	Temperatura del refrigerante	05

El diagrama simplificado que fue utilizado para el proceso de construcción del ciclo de conducción y obtención de los factores de emisión se lo presenta en la figura 1.

La información recolectada por el analizador de emisiones y el puerto OBD (ELM 327) permiten formar una base de datos compacta donde se puede correlacionar el comportamiento dinámico del automóvil monitoreado por los sensores del automóvil y enfrentarlos respecto a las emisiones generadas. El gran volumen de datos obtenido permite realizar un amplio análisis estadístico de los causales del comportamiento de las emisiones generadas por el automóvil.

Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

**Figura 1:** Diagrama simplificado del proceso de construcción del ciclo de conducción



Como se puede apreciar en la figura 1 el proceso de construcción del ciclo de conducción se desarrolló en tres etapas principales:

1. Selección de ruta.
2. Recolección de datos.
  - I. Flota vehicular.
  - II. Instrumentación.
  - III. Validación y sincronización de datos.
3. Construcción del ciclo de conducción.

### Selección de ruta

La selección de ruta se basó en registros de tráfico anual de las principales vías de conexión entre áreas industriales y comerciales con las áreas residenciales de la ciudad. Empleando una muestra de 500 viajes urbanos se buscó dar representatividad a la medición.

Las lecturas fueron realizadas bajo un nivel de tráfico mixto con condiciones alta y moderada con un perfil altimétrico cercano a los 3 000 msnm, en caminos locales de dos y un carril por sentido.

**Tabla 3:** Características de las rutas sobre las que se realizaron las pruebas del trazado urbano

Velocidad máxima promedio	45 km/h
Carriles	2
Nivel de tráfico	Combinado (alto y moderado)
Pendiente promedio	4 %
Máxima pendiente	7 %
Altitud máxima	2890 msnm
Altitud mínima	2740 msnm

Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

**Recolección de datos**

La técnica de persecución de automóviles como la de medición a bordo fueron empleadas para la recolección de datos. Los vehículos fueron conducidos aleatoriamente por diferentes conductores mientras los datos fueron recopilados permanentemente sin pausa durante los tramos recorridos durante diferentes días de la semana y en diferentes horarios.

Los vehículos seleccionados para la medición recogen las marcas y modelos de mayor circulación de la localidad para motores a gasolina, los mismos que dentro del parque automotor liviano de la región dominan ampliamente en número. Los vehículos de prueba cumplen con la norma de emisiones NTE INEN 2204 vigente para los vehículos de la localidad y sus características están mostradas en la tabla 3.

El combustible utilizado para las pruebas fue la gasolina extra de 87° distribuida en las gasolineras locales, su densidad es de 735.8 Kg/m<sup>3</sup> y su poder calorífico de 36 753 Kj/Kg.

La tabla 4 muestra los diferentes modelos de automóviles utilizados para realizar el presente estudio

**Tabla 4:** Especificaciones técnicas de los vehículos sobre los cuáles se realizaron las mediciones

Vehículo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo	Furgoneta	Sedan	Hatchback	Sedan	Sedan	Sedan	Sedan	Sedan	Suv	Camioneta
Combustible	G2	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Estándar de emisiones	EURO III	EURO IV	EURO V	EURO V	EURO IV	EURO IV	EURO IV	EURO IV	EURO V	EURO IV
Cilindrada CC.	1173	1399	1397	1397	1498	1498	1598	1799	1984	2237
Relación de compresión	10:1	10:1	10.5:1	10.5:1	9.5:1	9.5:1	10.5:1	9.8:1	9.6:1	10:1
Tipo de admisión	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Turbocargado	NA
Tipo de inyección	MPFI	MPI CVT	MPI CVT	MPI CVT	MPFI	MPFI	MPI	MPI	TFSI	MPFI

Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

Torqu e máxi mo Nm-RPM	106 @ 350 0 - 450 0	13 6 @ 50 00	13 7 @ 50 00	13 8 @ 50 00	12 8 @ 30 00	12 8 @ 30 00	15 3 @ 38 00	16 5 @ 40 00	350 @ 1500 - 4500	19 0 @ 2. 80 0
Poten cia máxi ma KW- PRM	59 @ 600 0	79 @ 63 00	67 @ 62 00	68 @ 62 00	62 @ 56 00	62 @ 56 00	77 @ 56 00	89, 55 @ 58 00	171. 5 @ 4700 - 6200	79 @ 46 00
Peso en vacío Kg.	123 0	11 33	12 63	10 74	10 40	10 40	5	12 11	1830	17 40

Para la adquisición de datos se utilizaron dispositivos de captura de información abordo:

- Analizador de emisiones Maha Met 6.3.
- Dispositivo de adquisición de datos de sensores del automóvil ELM 327 con la aplicación de registro Torque Pro.

El analizador de emisiones Maha Met 6.3 mide la concentración volumétrica de : dióxido de carbono, monóxido de carbono, total de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y genera un reporte en tiempo real de los mismos utilizando el software propio del equipo: Maha Emission Viewer, la descripción completa referente a los principios de medición, unidades, precisión y datos técnicos constan en las tablas 4 y 5.

**Tabla 5:** 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

**Tabla 6:** Emisiones reportadas por el analizador maha met 6.3

Gas	Símbolo	Ran go	Unidad	Precisi ón	Método de medición
Dióxido de carbono	$CO_2$	0 – 20	Porcentaje	0.01	Espectrome tría de infrarrojo
Monóxido de carbono,	$CO$	0 – 15	Porcentaje	0.01	Espectrome tría de infrarrojo
Total de Hidrocarbu ros,	$THC$	0 – 10 000	Partes por millón	0.01	Espectrome tría de infrarrojo
Óxidos de Nitrógeno,	$NOx: NO_2 + NO$	0 – 5 000	Partes por millón	20	Detección electroquí mica
Oxígeno	$O_2$	0-25	Porcentaje	0.01	Detección electroquí mica
Lambda	$\lambda$	0.5-10	Adimensional	0.01	Calculada

## Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

La lectura de consumo de combustible así como las lecturas de los sensores de funcionamiento de los automóviles se realizó mediante protocolo de comunicación OBDII, utilizando un conector ELM 327, mediante el cual es posible adquirir y registrar los datos por medio de una interfaz de pago

,Torque Pro, con una frecuencia muestreo de 1 Hz al igual que el reporte de emisiones generado.

La interfaz inteligente multimarca ELM 327 se conecta al puerto DLC3, es el encargado de permitir la transferencia de datos entre el usuario y las computadoras del automóvil utilizando para el efecto el protocolo de comunicación OBDII y EOBD. Se utilizó este dispositivo por su versatilidad y compatibilidad con las normas internacionales de comunicación: ISO 9141, J1850(VPW y PWM), CAN(ISO 15765-4) y KWP2000(ISO 14230-4), esto lo vuelve compatible con la mayor cantidad de marcas cubiertas por el patio automotor regional (Toyota, Nissan, Chrysler, Honda, Ford, Seat, Chevrolet, entre otros.) Los PID 4 seleccionados para monitorear se detallan en la tabla 2

El cálculo de consumo de combustible reportado por el protocolo OBDII se lo realiza a partir de la lectura de los sensores del automóvil que registran los valores de: temperatura del aire de admisión, flujo o presión del aire ingresado al motor, relación aire / combustible, velocidad del motor y ajustes de combustible de largo y corto plazo.

Para poder validar esta lectura obtenida se utilizaron los datos obtenidos en el dinamómetro de motor del laboratorio del ISAT, adscrito a la universidad de Bourgogne donde se encuentra montado el motor de combustión interna de encendido provocado de Renault código D4F740 normalmente aspirado.

**Tabla 7:** Especificaciones técnicas del motor montado en el dinamómetro de motor de la universidad de bourgogne

Descripción	Valor	Unidad
Combustible	Gasolina	n/a
Cilindros	4	n/a
Diámetro	69	Mm
Carrera	76.8	Mm
Relación de compresión	9.8:1	n/a
Potencia máx	55@5500 rpm	Kw
Torque máx	107@3750 rpm	Nm

Una vez realizado el mantenimiento preventivo sobre el motor se realizaron las pruebas de consumo de combustible y parámetros de operación del motor utilizando el dinamómetro de motor Borghi &

Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

Saveri, el mismo que cumple con la norma SAE J1349 para la medición de torque, potencia y consumo.

**Tabla 8:** Especificaciones del dinamómetro de motor del isat

Parámetro	Característica
Marca	Borghgi & Saveri.
Referencia	FE600-SD
Tipo	Eddy Current
Velocidad máxima	13500 rpm
Medición de Torque	850 Nm- 0.12%
Potencia máxima de medición	493 hp
Precisión	0.5 %

La computadora de control del motor utilizada fue una FH Electronics la cuál controla el enriquecimiento de la mezcla y el avance de encendido del motor. Cumpliendo con el protocolo de medición establecido por el laboratorio para el monitoreo de emisiones y medidas de operación del motor y detallado a continuación [11]:

1. Calibración de analizadores: Se realizaba la puesta a punto de los equipos con nitrógeno líquido y se corroboraba que no existieran fugas que afectaran la medición.
2. Punto de operación del motor: Se procedía a poner en funcionamiento el motor con una apertura de mariposa de 12% hasta que la temperatura del refrigerante llegara a 85°C. Con esto se asegura que las pruebas se lleven a cabo en igualdad de condiciones iniciales.
3. Calibración de encoder y sensor de presión: Se realiza una prueba sobre el sensor de presión y el encoder automotriz para asegurar su correcta lectura y obtener las curvas presión-volumen.
4. Pruebas de medición (Analizadores): Al igual que el encoder se corre una prueba en la medición de los gases para corroborar su correcto funcionamiento.
5. Punto de calibración en dinamómetro (2000RPM): Se Realiza una prueba que cuenta como un punto de calibración que consiste en poner el motor a 2000 RPM y con una posición de mariposa correspondiente a 40 Nm de torque. Esta prueba se realiza antes y después de una jornada de mediciones para asegurar que los equipos están funcionando correctamente.
6. Control de velocidad bajo estado estable: Se establece la velocidad de funcionamiento para la prueba por medio del dinamómetro.

Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

7. Control de carga (%): Se dispone a colocar el valor correspondiente en porcentaje para la carga que depende del torque a plena carga.
8. Control de factor de enriquecimiento (Lambda): se procede a modificar el factor de enriquecimiento al mapa original para poder hacer que la relación aire- combustible sea la deseada para la prueba. Se corrobora el valor de la ECM con el valor de lambda que lee el analizador de gases para asegurar que sea correcto.
9. Medición de desempeño mecánico, energético y ambiental: Se procede a tomar 17 parámetros de funcionamiento y emisiones del motor, todos los datos obtenidos de los equipos mencionados.

Se registran los siguientes parámetros de funcionamiento del motor: velocidad del motor, carga, relación de aire y combustible, presión de aire en el múltiple de admisión en 200 repeticiones para el cálculo de la correlación existente entre el consumo instantáneo de combustible y los parámetros de trabajo del motor.

### Validación y sincronización de datos

Los viajes que no disponían de un 95% de datos del ciclo consistentes (pausas y valores atípicos) fueron desechados para repetir la medición.

El registro de datos del dispositivo OBDII en fusión de la velocidad de eventos y registro tiene un adelanto referente al registro realizado por el Met 6.3 esto genera una asincronía entre las bases de datos de los equipos utilizados, si bien estos tiempos son variables en la tabla 9 se busca cuantificarlos a fin de mostrar la situación a corregir.

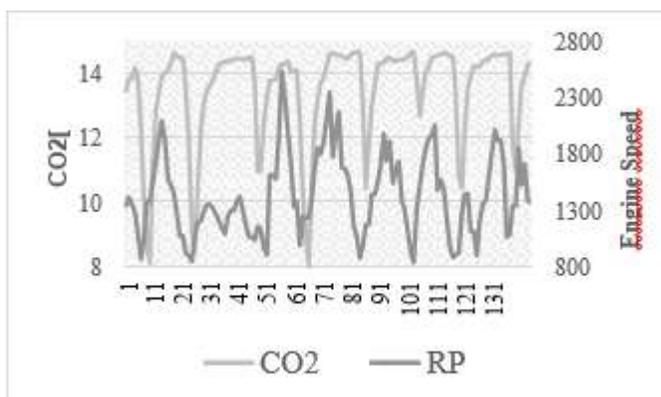
**Tabla 9:** Secuencia de eventos en el proceso de registro de cada instrumento de medición

OBDII		MET 6,3	
Evento	tiempo [s]	Evento	tiempo [s]
Acción de oprimir el pedal	1,5000	Acción de oprimir el pedal	1,5000
Registro de datos OBD	0,0020	Acción de la mariposa electrónica	0,0010
Captura de datos App Torque	1,0000	Tiempo de inyección	0,0025
Registro en archivo	0,5000	Tiempo de combustión	0,0014
		Tiempo de escape de gases	0,0005
		Tiempo de medición	2,0000
		Registro en archivo	2,3000
Total	3,0020	Total	5,8054

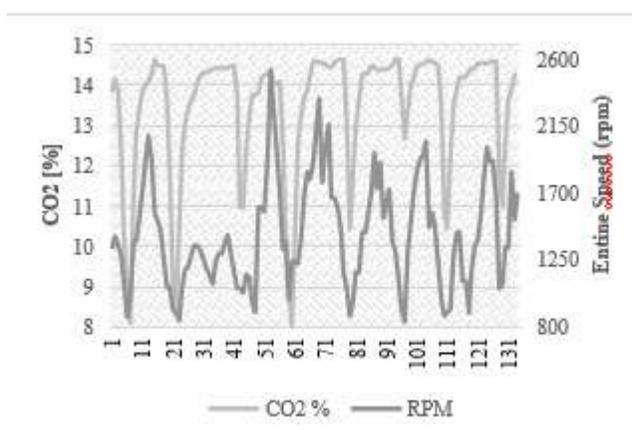
## Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

La asincronía entre las lecturas obtenidas por el analizador y por el ELM327 se la corrigió desfasando los tiempos entre ellas a partir del criterio de relación existente entre la concentración de dióxido y los periodos de desaceleración. En las figuras 2 y 3 se puede apreciar la relación existente entre los dos parámetros mencionados, antes y después de la sincronización de datos.

**Figura 2:** Gráfica concentración de dióxido de carbono vs. velocidad del motor antes de sincronizar datos



**Figura 3:** Gráfica concentración de dióxido de carbono vs. velocidad del motor después de sincronizar datos



### Construcción del ciclo de conducción

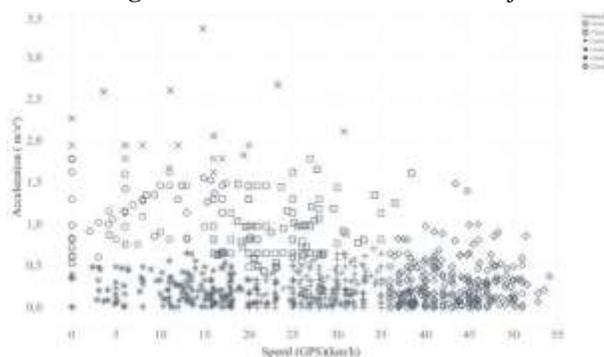
A partir de los datos obtenidos y utilizando la técnica de micro viajes se procedió a construir el ciclo de conducción para la ciudad de Riobamba. Esta metodología se la construye a partir de los siguientes pasos:

1. División de micro viajes considerando como puntos de frontera los inicios y finales de los periodos de ralentí alternadamente.

## Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

2. Agrupar estos micro viajes en clústers definidos por la cercanía entre los puntos de velocidad y aceleración positiva promedio, Fig. 3.
3. Seleccionar los micro viajes ponderando positivamente según el número de elementos en un clúster.
4. Agrupar estos micro viajes en un ciclo de conducción que guarde sincronía en términos de parámetros característicos promedio con respecto al total de datos adquiridos.
5. Repetir este proceso hasta construir un ciclo de conducción que tenga los índices más bajos de variación relativa respecto al conglomerado de todos los datos.

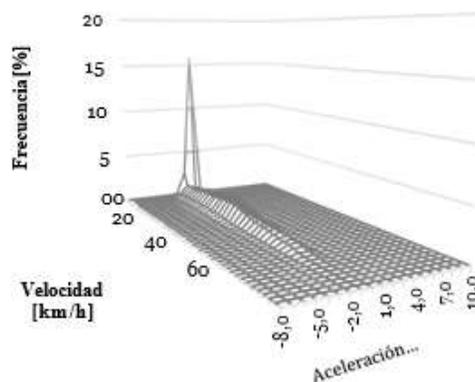
**Figura 4:** Clusterización de micro viajes



## Resultados Y Discusión

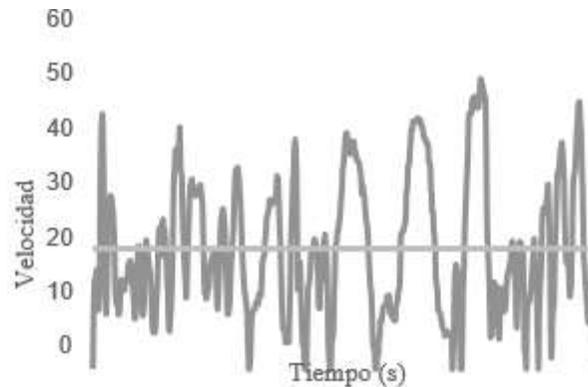
La figura 4 muestra la distribución de frecuencias de las velocidades y aceleraciones monitoreadas en las 84137 mediciones realizadas donde se evidencia una concentración importante durante lapsos de ralentí y baja velocidad, con un 17.7% de tiempo total de funcionamiento del motor en condiciones de ralentí.

**Figura 5:** Distribución de frecuencia de velocidad y aceleración



Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

**Figura 6:** Ciclo de conducción obtenido



A partir de los datos obtenidos se realizaron los cálculos de los parámetros característicos mostrados en la tabla 10.

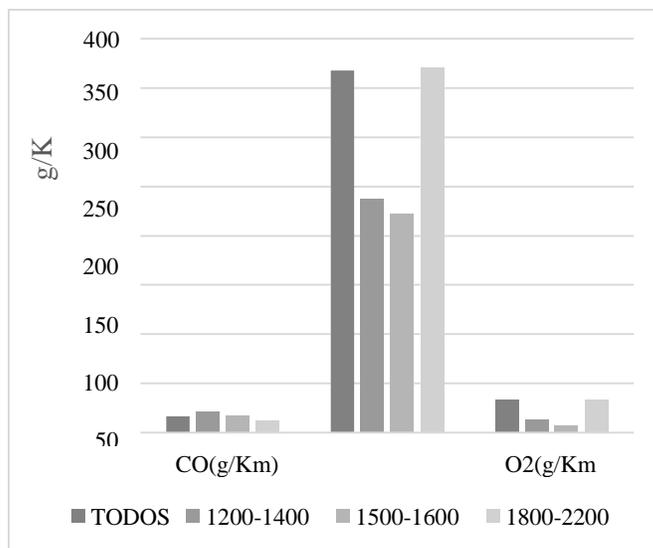
**Tabla 10:** Parámetros característicos del ciclo de conducción

Relación	Tipo de relación	Valor	Unidad	
Distancia	Distancia total	4653,579	m	$\sum v$ (m/s)
	Tiempo Total	805	s	Nº datos
Tiempo	Tiempo en conducción	788	s	Tt-Tr
	Tiempo crucero	21	s	Tc-Ta- Td
	Tiempo acelerando	393	s	$\sum a>0$
	Tiempo desacelerando	374	s	$\sum a>0$
	Tiempo en ralentí	17	s	$\sum a=0$
	% de tiempo en conducción	0,979	s	Tt/Tc
	% tiempo crucero	0,026	s	Tt/Tcr
	% tiempo acelerando	0,488	s	Tt/ts
	% tiempo desacelerando	0,465	s	Tt/td
	% tiempo en reposo	0,021	s	Tt/tr
Velocidad	Velocidad media de ruta	5,781	m/s	D/Tt
	Velocidad media de conducción	5,906	m/s	D/Tc
	Desviación estándar de la velocidad	3,326	m/s	$s \sum V$ (m/s)
	Velocidad máxima	13,957	m/s	
	Velocidad mínima	0,000	m/s	
Aceleración	Aceleración media	0,005	m/s <sup>2</sup>	
	Aceleración media positiva	0,504	m/s <sup>2</sup>	
	Aceleración media negativa	-0,520	m/s <sup>2</sup>	
	Desviación estándar de la aceleración	0,701	m/s <sup>2</sup>	
	Aceleración mínima	-3,310	m/s <sup>2</sup>	
Paradas	Número de paradas	6		$\sum v=0 \wedge a=0$
	Paradas por Km	1,289		Np/Dt
Dinámica	Aceleración positiva relativa	0,069	m/s <sup>2</sup>	$\bar{a}/Dt$
	Energía cinética positiva	0,457	m/s	
Motor	Consumo de combustible			

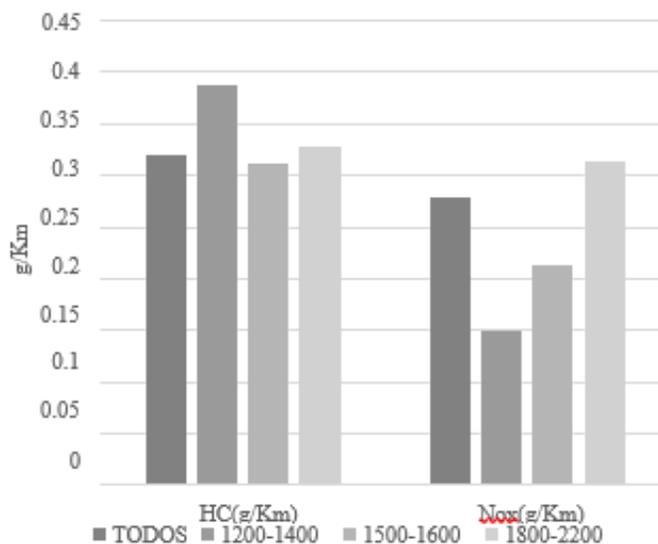
Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

Media de consumo de viaje	11,667	kpl	OBD II
Media de consumo instantáneo	11,172	kpl	OBD II
Litros por cada 100 km instantáneos	18,848	l/100km	OBD II
Litros por cada 100 km (corrección a largo plazo)	8,677	l/100km	OBD II
Temperatura del motor			
Promedio de temperatura de motor	88,055	°C	OBDII

**Figura 7:** Factores de emisión



**Figura 8:** Factores de emisión



## Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores de emisión

---

### Conclusiones

- La interacción de un dispositivo de adquisición de datos de los sensores del automóvil junto con un analizador de emisiones permitió la construcción de un ciclo de conducción representativo y el análisis de los factores de emisión.
- Se obtuvo un ciclo de conducción real y representativo de la localidad con un tiempo de duración de 800 segundos.
- El almacenamiento de los datos obtenidos en el presente trabajo, a la nube permite evidenciar y disponer de un banco de información de libre acceso para posteriores estudios.
- Se evidenció el mayor consumo de combustible en vehículos de: 2000cc de cilindrada cuando están en velocidades mínimas de 0-20 km/h, considerando 0 km/h los momentos de ralentí del automotor.
- El perfil de conducción urbano de la ciudad de Riobamba es agresivo por el registro de aceleraciones positivas de 0,552 m/s<sup>2</sup>, con velocidad promedio de 16,04 km/h que implica una conducción lenta.

### Referencias

1. INEC, “Transporte |,” Información estadística de transporte. .
2. IEA, “Data & Statistics - IEA,” Emisiones de CO<sub>2</sub> por fuente de energía, Mundo 1990-2017, 2017. .
3. M. Giraldo and J. I. Huertas, “Real emissions, driving patterns and fuel consumption of in-use diesel buses operating at high altitude,” *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 77, pp. 21–36, 2019, doi: 10.1016/j.trd.2019.10.004.
4. J. D. K. Bishop, M. E. J. Stettler, N. Molden, and A.
5. M. Boies, “Engine maps of fuel use and emissions from transient driving cycles,” *Appl. Energy*, vol. 183, pp. 202–217, 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2016.08.175.
6. Y. Huang, N. C. Surawski, B. Organ, J. L. Zhou, O.
7. H. H. Tang, and E. F. C. Chan, “Science of the Total Environment Fuel consumption and emissions performance under real driving : Comparison between hybrid and conventional vehicles,” *Sci. Total Environ.*, vol. 659, pp. 275–282, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.349.

Desarrollo de un ciclo de conducción por micro viajes y obtención de los factores  
de emisión

---

8. H. Y. Tong and W. T. Hung, “Transport Reviews: A Transnational A Framework for Developing Driving Cycles with On - Road Driving Data A Framework for Developing Driving Cycles with,” no. October 2014, pp. 37–41, doi: 10.1080/01441640903286134.
9. M. Hernandez, L. Menchaca, and A. Mendoza, “Fuel economy and emissions of light-duty vehicles fueled with ethanol e gasoline blends in a Mexican City,” *Renew. Energy*, vol. 72, pp. 236–242, 2014, doi: 10.1016/j.renene.2014.07.018.
10. J. R. Sodré and S. M. C. Soares, “Comparison of engine power correction factors for varying atmospheric conditions,” *J. Brazilian Soc. Mech. Sci. Eng.*, vol. 25, no. 3, pp. 279–284, 2003, doi: 10.1590/S1678-58782003000300010.
11. P. Montúfar Paz, M. Quinga, V. Romero Hidalgo, and
12. O. Barrera Cárdenas, “Análisis de emisiones transitorias de óxidos de nitrógeno al escape de un motor de ciclo Otto multipunto a partir del comportamiento de la relación aire – combustible y del avance del encendido,” *Rev. Investig. en Energía, Medio Ambient. y Tecnol. RIEMAT ISSN 2588-0721*, vol. 2, no. 2, p. 23, 2017, doi: 10.33936/riemat.v2i2.1140.
13. M. Lyu, X. Bao, Y. Wang, and R. Matthews, “Analysis of emissions from various driving cycles based on real driving measurements obtained in a high-altitude city,” *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng.*, no. 8, 2020, doi: 10.1177/0954407019898959.
14. D. Escudero, “MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DE NOX Y VOCS EN MOTORES A GASOLINA,” ITESM, 2015.

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|