



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS -  
INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**Trabajo de fin de Carrera titulado:**

Caracterización de modalidades de manejo normal y eficiente (Eco-Driving) aplicada a vehículos tipo SUV y camioneta dentro de un área geográfica de 2800 metros sobre el nivel del mar.

**Realizado por:**

Steven Herman Espinosa Garcia.

**Director del proyecto:**

Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño, Phd.

**Como requisito para la obtención del título de:**

**INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

QUITO, 10 de agosto de 2021

**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

Yo, Steven Herman Espinosa Garcia, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 1722103528, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.



Handwritten signature of Steven Herman Espinosa Garcia in blue ink, with the name 'STEVEN' written in capital letters and a stylized 'E' and 'G' following.

-----

Steven Herman Espinosa Garcia.

C.I.: 172210352-8

**DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS**

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



-----  
Ing. Edilberto Antonio Llanes Cedeño, Phd.

C.I.: 175713703-7

**LOS PROFESORES INFORMANTES:**

Ing. Paolo Salazar, MSc.

Ing. Juan Carlos Jima Matailo, MSc.

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



---

Ing. Paolo Salazar, MSc.



---

Ing. Juan Carlos Jima Matailo, MSc.

Quito, 10 de agosto de 2021

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Handwritten signature in blue ink that reads "STEVEN" followed by a stylized signature.

-----

Steven Herman Espinosa Garcia.

C.I.: 172210352-8

### **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta esta instancia y por seguir guiando cada uno de mis pasos. También agradezco a mis padres, que me han motivado a ser cada día mejor y han sido mi apoyo incondicional a lo largo de mi carrera. A mi familia en general, que siempre están presentes en cada momento de mi vida; pero en especial a mi abuelito y mi tío que, a pesar de tener a mi padre a mi lado, han sido dos padres más. Me han guiado con su buen ejemplo y sabios consejos.

Por último, agradezco a la Universidad SEK y a cada uno de mis profesores, que me han transmitido sus conocimientos y experiencias, los cuales estoy seguro serán la base que impulsará mi vida profesional.

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo y momento especial en mi vida a mis padres, ya que el apoyo y educación que me dan son fundamentales para culminar esta importante etapa de mi vida. Y porque conozco todos los esfuerzos que han realizado para aportar a mi futuro y crecimiento profesional y personal.

Por lo tanto, quiero dedicarles este momento, esperando que se sientan orgullosos de mí y que estén seguros de que gracias a ellos tengo una base sólida para continuar con las siguientes etapas de mi vida, porque sé que este logro es la base que me permitirá alcanzar mis futuras metas.

**Índice de Contenido**

DECLARACIÓN JURAMENTADA.....	2
DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS .....	3
LOS PROFESORES INFORMANTES:.....	4
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE.....	5
Agradecimiento.....	1
Dedicatoria.....	2
Resumen.....	9
Abstract.....	11
Introducción .....	12
Antecedentes .....	12
Trabajos en el área .....	14
Planteamiento del Problema.....	15
Justificación.....	15
Alcance .....	16
Objetivo del Estudio .....	16
Objetivos Específicos.....	16
Hipótesis .....	17
Estado del Arte .....	17
Contaminación ambiental por emisiones de gases de automotores .....	17

Eco - Driving.....	19
Factores de Emisión de Gases Contaminantes.....	20
Consumo de Combustible.....	20
Gases contaminantes producidos por vehículos que impactan en la salud.....	21
Ciclo Japonés Modo 10 - 15 .....	24
Metodología .....	26
Método cuantitativo y cualitativo.....	26
Diseño de experimentaciones.....	26
Evaluación al Rendimiento de Combustible.....	27
Evaluación a Factores de Emisiones Contaminantes.....	28
Materiales y equipos empleados para el desarrollo de las pruebas .....	31
Dinamómetro de Chasis LPS 3000 .....	31
Equipo para medición de gases contaminantes MAHA MGT 5.....	33
Equipo para medición del consumo de combustible.....	35
GPS Garmin MAP 76 CSx .....	36
Matraz y Probeta.....	37
Combustible seleccionado para el estudio - Extra .....	38
Vehículos seleccionados para el desarrollo de las experimentaciones .....	39
Toyota Hilux .....	40
Grand Vitara SZ.....	42

Hyundai Tucson .....	43
Procedimiento de pruebas .....	45
Puntos Importantes de conducción eficiente, eco-driving .....	45
Prueba en dinamómetro de chasis.....	46
Prueba en ruta .....	51
Resultados y Discusión.....	55
Análisis al Rendimiento de Combustible en Pruebas de Ruta .....	55
Análisis al Rendimiento de Combustible en Pruebas en Dinamómetro de Chasis .....	57
Análisis a resultados en ambiente controlado en Dinamómetro de Chasis Vs en Ruta .....	60
Análisis de Factores que influyen en el Consumo de Combustible.....	65
Cálculo del costo anual en consumo de combustible para cada vehículo evaluado .....	66
Análisis a los Factores de Emisión en Pruebas en Dinamómetro de Chasis.....	67
Análisis del Factor de Emisión del Monóxido de Carbono (CO).....	69
Análisis del Factor de Emisión de Hidrocarburos (HC) .....	71
Análisis del Factor de Emisión del Óxido de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> ).....	72
Conclusiones.....	74
Recomendaciones .....	76
Bibliografía .....	77
Anexos .....	82
Anexo A: Imágenes del procedimiento.....	82

Anexo B: Informes para Toyota Hilux - CCICEV .....	87
Anexo C: Informes para Grand Vitara SZ - CCICEV .....	94
Anexo D: Informes para Hyundai Tucson - CCICEV .....	101

### Índice de Figuras

Figura 1 .....	13
Figura 2 .....	18
Figura 3 .....	25
Figura 4 .....	32
Figura 5 .....	33
Figura 6 .....	35
Figura 7 .....	36
Figura 8 .....	38
Figura 9 .....	40
Figura 10 .....	42
Figura 11 .....	43
Figura 12 .....	45
Figura 13 .....	47
Figura 14 .....	48
Figura 15 .....	48
Figura 16 .....	49
Figura 17 .....	50
Figura 18 .....	52
Figura 19 .....	53

Figura 20 .....	56
Figura 21 .....	56
Figura 22 .....	57
Figura 23 .....	58
Figura 24 .....	59
Figura 25 .....	60
Figura 26 .....	61
Figura 27 .....	62
Figura 28 .....	63
Figura 29 .....	64
Figura 30 .....	65
Figura 31 .....	70
Figura 32 .....	71
Figura 33 .....	73

**Índice de Tablas**

Tabla 1 .....	27
Tabla 2 .....	28
Tabla 3 .....	29
Tabla 4 .....	32
Tabla 5 .....	34
Tabla 6 .....	35
Tabla 7 .....	37
Tabla 8 .....	38
Tabla 9 .....	39
Tabla 10 .....	40
Tabla 11 .....	42
Tabla 12 .....	44
Tabla 13 .....	55
Tabla 14 .....	58
Tabla 15 .....	63
Tabla 16 .....	67
Tabla 17 .....	68
Tabla 18 .....	68
Tabla 19 .....	69
Tabla 20 .....	69
Tabla 21 .....	71
Tabla 22 .....	72

### Resumen

Dentro del presente trabajo de investigación, se analizó el comportamiento de una modalidad de manejo eficiente (eco-driving) sometida a las condiciones ambientales de la ciudad de Quito, a una altura de 2800 msnm. Se busca determinar el impacto que esta modalidad de manejo genere en el consumo de combustible y generación de emisiones contaminantes (FCO, FHC y FNO<sub>x</sub>) al emplearla sobre 3 vehículos de gama media, 1 camioneta Toyota Hilux, 1 Suv Grand Vitara SZ y otro SUV Hyundai Tucson. Las experimentaciones se efectuaron sobre dinamómetro de chasis como un ambiente controlado empleando ciclo japonés modo 10-15, y en ruta para simular una situación de la vida real siguiendo una ruta establecida y validada por el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación de Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV). Se realizó 3 pruebas para consumo de combustible y medición de emisiones contaminantes sobre dinamómetro de chasis, tanto para modalidad normal como eco-driving, aplicadas a cada vehículo. También se realizó otras 3 pruebas para consumo de combustible en ruta en modalidad normal y 3 en modalidad eco-driving a cada vehículo. Respecto al consumo de combustible, promediando los valores de cada prueba y de todos los vehículos en un solo valor, se obtuvo que en dinamómetro se ahorró un 24.38% de combustible empleando modalidad eco-driving, y en pruebas de ruta se ahorró un 12.56%. En cuanto a las emisiones contaminantes, en general no se vieron directamente afectadas por la modalidad de manejo tomada. Sin embargo, para vehículos de cilindradas y empleando eco-driving, sí se generan pequeñas reducciones en las emisiones contaminantes. En conclusión, adoptar modalidad eco-driving en la ciudad de Quito sí representa una ventaja sobre la modalidad normal, dado que presenta resultados muy alentadores en ahorro de combustible y en ciertas ocasiones reducciones en la generación de agentes contaminantes.

**Palabras Clave:** Eco-Driving, Manejo Eficiente, consumo de combustible, emisiones contaminantes, rendimiento de combustible, control de emisiones.

### **Abstract**

Within the present research work, the behavior of an efficient management modality (eco-driving) subjected to the environmental conditions of the city of Quito, at an altitude of 2800 meters above sea level, was analyzed. It seeks to determine the impact that this driving mode generates on fuel consumption and generation of polluting emissions (FCO, FHC and FNOx) when used on 3 mid-range vehicles, 1 Toyota Hilux truck, 1 Suv Grand Vitara SZ and another SUV Hyundai Tucson. The experiments were carried out on a chassis dynamometer as a controlled environment using Japanese cycle mode 10-15, and route to simulate a real life situation following a route established and validated by the Technology Transfer Center for Training and Control Research of Vehicle Emissions (CCICEV). 3 tests were carried out for fuel consumption and measurement of polluting emissions on a chassis dynamometer, both for normal and eco-driving modes, applied to each vehicle. Another 3 tests were also carried out for fuel consumption on the road in normal mode and 3 in eco-driving mode on each vehicle. Regarding fuel consumption, by averaging the values of each test and of all the vehicles in a single value, it was obtained that the dynamometer saved 24.38% of fuel using eco-driving mode, and in road tests it was saved 12.56%. Regarding pollutant emissions, in general they were not directly affected by the management modality taken. However, for vehicles with displacement and using eco-driving, small reductions in pollutant emissions are generated. In conclusion, adopting eco-driving mode in the city of Quito does represent an advantage over the normal mode, given that it presents very encouraging results in fuel savings and on certain occasions reductions in the generation of pollutants.

**Key Words:** Eco-Driving, Efficient Driving, fuel consumption, polluting emissions, fuel efficiency, emission control.

## **Introducción**

### **Antecedentes**

A lo largo de los años, los vehículos de combustión interna han demostrado ser maquinarias clave para el desarrollo y evolución del ser humano, tanto para desarrollo en sectores industriales para movilidad de materiales y productos, como en el sector turístico y familiar. En la actualidad, dadas las críticas condiciones medio ambientales presentes en varios puntos del mundo, el humano se encuentra en la constante búsqueda de reducir el impacto ambiental que muchas de sus actividades cotidianas producen negativamente al planeta, representando un gran porcentaje de éstas, el sector automotriz.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha determinado que la polución en el medio ambiente provoca alrededor de 4 millones de muertes al año. Estas cifras son alarmantes, grandes cantidades de contaminación emitidas al medio ambiente generan graves enfermedades en la población. En la ciudad de Quito, la baja calidad de los combustibles para vehículos representa la mayor causa de contaminación en la ciudad. (Machado, 2019).

Un estudio publicado por Machado (2019), revela que en el año 2018 hubo nueve semanas con elevados niveles de contaminación en Quito, lo que representa alrededor de 63 días que los quiteños respiraron aire perjudicial para su salud. Actualmente, en Europa existen normativas para el control del contenido de azufre en sus combustibles, colocando como límite máximo 10 ppm, mientras que, en Ecuador los combustibles como diésel y gasolinas llegan a tener 60 ppm de contenido de azufre.

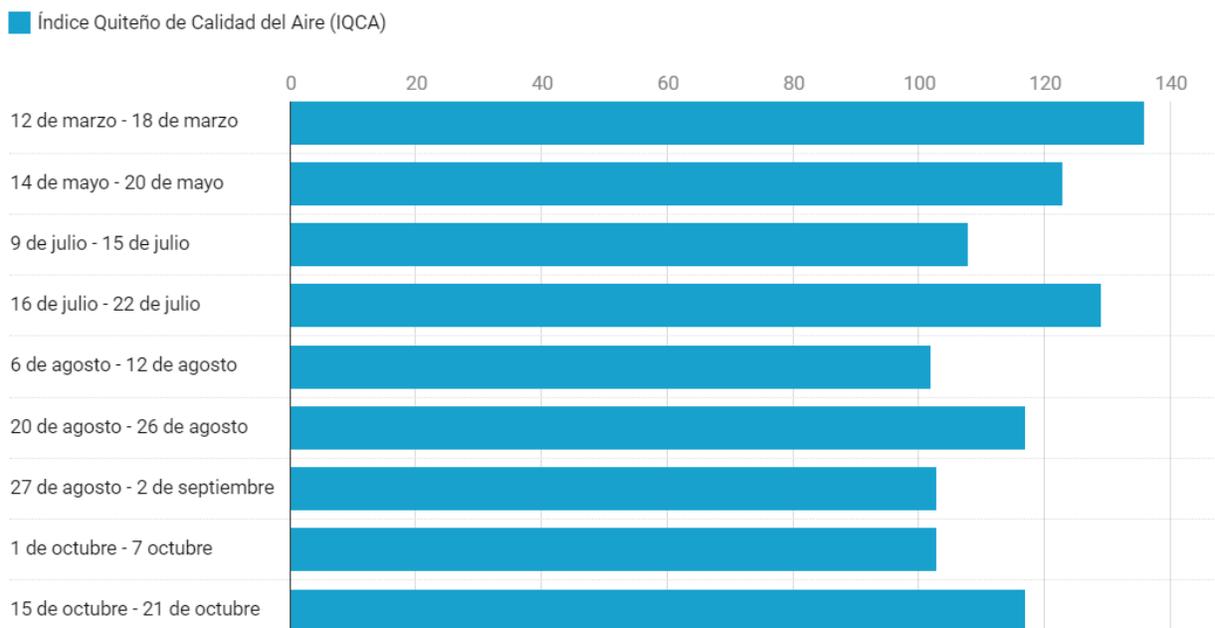
La secretaria del Ambiente en Quito, Marianella Irigollen, estableció una escala para medir la contaminación en la ciudad y evaluar el estado en que se encuentra. Las nueve semanas

de mayor contaminación en 2018 superaron un valor de 100 dentro de la escala que va de 0–500 (Figura 1).

### Figura 1

*Gráfica con semanas de mayor contaminación en Quito en 2018 según Ministerio del Ambiente (Machado, 2019)*

#### Semanas con mayor contaminación en 2018



Esta escala establecida por la secretaria del Ambiente contempla seis niveles:

1. “Deseable (0 - 50)
2. Aceptable (51 - 100)
3. Precaución (101 - 200)
4. Alerta (201 - 300)
5. Alarma (301 - 400)
6. Emergencia (401 - 500)” (Machado, 2019)

***Trabajos en el área***

La conducción bajo la modalidad eficiente (eco-driving) dentro de la ciudad de Quito se va desarrollando progresivamente en la actualidad, ya que se está estudiando cada vez más y más su posible aplicación bajo las condiciones atmosféricas, todo con el objetivo de determinar si su uso dentro de esta ciudad efectuaría grandes cambios en la producción de gases contaminantes por parte del patio automotor.

Un claro ejemplo de estos estudios en la actualidad se encuentra en la publicación de Llanes Cedeño et al. (2018), en el que se realizaron pruebas a un vehículo Chevrolet Aveo 1.6 L aplicando 3 diferentes tipos de combustibles para determinar la variación en el consumo. Para este estudio se empleó metodologías muy similares a las que se realiza durante este trabajo.

Del mismo modo, Muñoz & Rivas (2018) realizaron un estudio para evaluar el impacto que causaría la aplicación de modalidades de conducción eficientes concentradas en el desempeño del conductor, para el consumo de combustible. Capacitaron a un conductor de flota para aplicar la modalidad eficiente en una ruta de 212 km, obteniendo como resultado un ahorro en consumo de combustible del 8% .

Un tercer ejemplo acerca de los varios estudios que se realizan en este campo actualmente en el Ecuador, se encuentra en el estudio de Leguisamo et al. (2020) realizado en la ciudad de Quito, 2810 msnm. Durante este trabajo se efectuó pruebas en dinamómetro de chasis a un vehículo de cilindrada 1.498 cm<sup>3</sup> con inyección indirecta de gasolina. Esta experimentación permitió conocer el consumo de combustible y concentración de gases contaminantes aplicando modalidades de manejo convencional y eco-driving.

## **Planteamiento del Problema**

El campo de la tecnología es un área que ha demostrado un incremento continuo a lo largo de los años, cada vez en busca de nuevas mejoras y metodologías innovadoras que faciliten nuestras vidas. Estudios han evaluado la situación energética mundial en los últimos años y en base a los avances tecnológicos se han realizado predicciones respecto a la posible demanda energética de la humanidad en 20 años. En el año 2015, el consumo energético mundial se registró en 169 000 millones de kWh, y se pronosticó un crecimiento para el 2040 que llegue a 216 000 millones de kWh. Dentro de estas estadísticas, para el año 2015, el sector del transporte representaba el 19 % (Nunige, 2018).

Siendo el sector del transporte un área de alta demanda energética, y tomando en cuenta que su funcionamiento se debe al consumo de combustibles fósiles que generan grandes cantidades de agentes contaminantes como CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, HC y SO<sub>3</sub> (Olmo, 2019), es importante enfocarse en encontrar nuevas metodologías u opciones que permitan la reducción del consumo de combustible.

## **Justificación**

Se efectuará un estudio aplicado a 3 vehículos de gamas similares y características comunes, 2 SUV's y 1 camioneta que serán sometidos a diferentes experimentaciones con el fin de determinar el impacto que pueda generar el adoptar una modalidad de manejo eficiente (eco-driving) en la ciudad de Quito, ambiente a 2800 msnm.

De darse esta modalidad, trae consigo importantes ahorros en el consumo de combustible del parque automotriz de la ciudad y grandes reducciones en las emisiones de gases

contaminantes, ayudando desde ambos frentes a mejorar el medio ambiente y reducir el gasto económico del combustible sacando todo el provecho posible de cada vehículo.

### ***Alcance***

El alcance del siguiente trabajo consiste en el desarrollo de pruebas que permitan determinar el consumo de combustible y cantidad de gases contaminantes emitidos por 3 diferentes vehículos de combustión interna. Empleando estas pruebas se busca determinar si la innovadora técnica de manejo eco-driving puede aplicarse satisfactoriamente o no en locaciones geográficas como las que se vive en Quito, Ecuador, a 2800 msnm.

### ***Objetivo del Estudio***

- Caracterizar la modalidad de manejo eco-driving desarrollada en la ciudad de Quito - Ecuador, mediante pruebas de manejo aplicadas en dinamómetros y ruta en 3 diferentes vehículos de gamas similares, para la fundamentación de este modo como medida de ahorro de combustible y minimización de las emisiones.

### ***Objetivos Específicos***

1. Investigar trabajos y fuentes relacionadas con la modalidad de manejo eco-driving que por medio de una investigación exploratoria permitan el esclarecimiento sobre la posibilidad de la aplicación de esta metodología en locaciones geográficas como la que tiene Quito, 2800 msnm.
2. Realizar pruebas de conducción normal y *eco-driving* en los vehículos de gama media por medio de pruebas dinamométricas y en rutas que permita el contraste de los modos de conducción.

3. Determinar si existe diferencia significativa entre los modos de conducción, por medio de análisis estadístico para la fundamentación del modo de conducción *eco-driving* como medida de ahorro de combustible y minimización de las emisiones

### ***Hipótesis***

La modalidad de manejo eficiente (eco-driving) representa una metodología viable para la reducción de gases contaminantes y consumo de combustible en ubicaciones geográficas mayores a 2800 msnm, para vehículos de combustión interna, gama media y características de motor similares.

### **Estado del Arte**

#### ***Contaminación ambiental por emisiones de gases de automotores***

Las emisiones de gases contaminantes hacia la atmósfera representan grandes impactos al medio ambiente de la tierra, generando grandes concentraciones de gases en la atmósfera, lo que consecuentemente provoca que la temperatura de la tierra aumente. Específicamente, las emisiones de CO<sub>2</sub> en su mayoría provienen del parque automotor alrededor de todo el mundo. (Moncayo et al., 2018)

Debido al impacto medio ambiental de los gases en automotores, en los últimos años se ha impulsado la búsqueda por reemplazar los combustibles fósiles para los automotores, o bien, buscar nuevas metodologías que permitan reducir el impacto medioambiental que se está viviendo con vehículos muy contaminantes.

En la ciudad de Quito, capital de Ecuador, la contaminación ambiental es la principal causa por la que los vehículos en general no aprueban su revisión vehicular anual. Según un estudio de la escuela de conducción de Aneta, el 52% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la ciudad

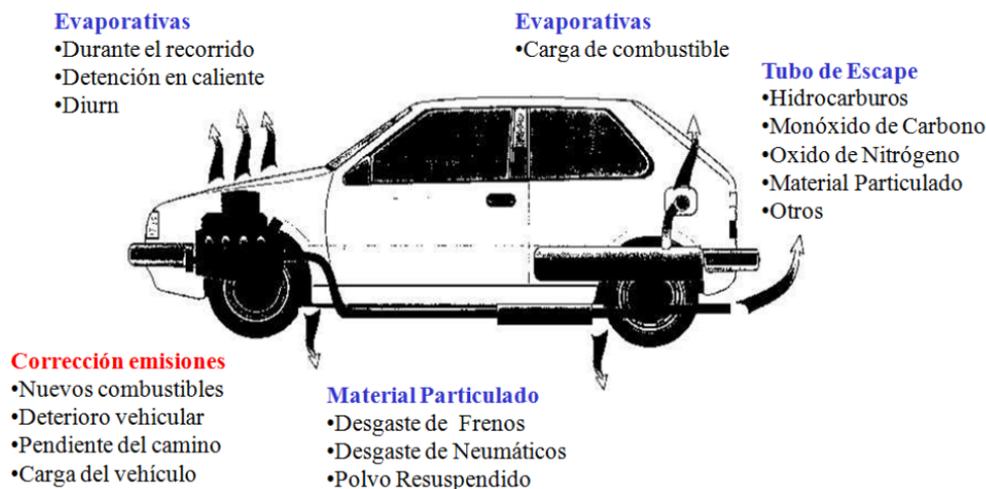
proviene de los vehículos, el 35% proviene del sector industrial, y el 13% producto de la basura. (Aneta, 2018) Obteniendo estas estadísticas se puede percatar que la ciudad de Quito no es ajena en ninguna forma a los problemas de contaminación vehicular. Por este motivo, se considera imperativo el buscar nuevas formas que permitan reducir las estadísticas de contaminación enfocadas en Quito.

Los vehículos emiten partículas contaminantes al ambiente a partir de diferentes procesos que se llevan a cabo en su funcionamiento. En la figura 2 se muestran varios de estos procedimientos y el tipo de contaminantes que liberan al ambiente.

## Figura 2

*Emissiones contaminantes de vehículos (Sergio, 2011)*

### Emissiones Vehiculares



Dado el elevado nivel de contaminación que representa el parque automotor en el mundo, se han realizado diversos estudios a su consumo de combustible y emisiones contaminantes que permitan entender y reducir con algún método estas cantidades. Las emisiones contaminantes se evalúan mediante estándares establecidos como ASM 5015 o ASM 2525. (Tipanluisa et al., 2017)

### ***Eco - Driving***

El *eco-driving* es una modalidad de manejo diferente a la convencional, en la que se pretende reducir el consumo de combustible y, por ende, también la producción de emisiones contaminantes. Esta modalidad se basa en una serie de pautas que permiten mantener un control lo más constante posible del vehículo en su funcionamiento. Sus características son las siguientes:

- **“Anticiparse a cambios de tráfico** (por ejemplo, dejar de acelerar si un semáforo está en rojo).
- **Mantener una velocidad constante.**
- **Acelerar y frenar suavemente.**
- **Circular en un régimen bajo de rpm**, lo que conlleva a cambiar de marcha en torno a las 2.000 RPM.
- **Circular a velocidades en torno a 80 km/h** (donde se encuentra el óptimo de consumo). Si extrapolamos esta norma al entorno urbano, hay que intentar circular a una velocidad alta respetando los límites (y recuerda, manteniéndola constante).
- **Circular sin acelerar y con una marcha engranada** (en bajadas y aproximaciones a semáforos/intersecciones). El consumo es prácticamente nulo. En definitiva, hay que evitar poner punto muerto con demasiada antelación al punto de parada.
- **Apagar el motor si el tiempo de parada es superior a 1 minuto.**
- **Bajar la ventanilla antes que encender el aire acondicionado** (el consumo adicional de combustible con AC es del orden de 5 veces superior a circular con la ventanilla bajada).
- **Vigilar la presión de los neumáticos.”** (García, 2016)

Observando las pautas recomendadas para adoptar una modalidad de manejo eco-driving, se podría asumir que el tiempo de viaje sería mayor al que se tiene bajo modalidades normales. Sin embargo, según (García, 2016), el proyecto europeo ICT-*Emissions*, demuestra que el tiempo de viaje no se ve afectado al adoptar esta innovadora modalidad.

### ***Factores de Emisión de Gases Contaminantes***

El factor de emisión es un valor representativo que busca relacionar la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una actividad que se asocie a la emisión del contaminante (EPA, 2016), que en el caso del estudio, es el funcionamiento del vehículo en las diferentes modalidades de manejo. El cálculo de emisiones se basa en un modelo básico que se expresa en la ecuación 1. (Elizabeth et al., 2014)

$$\text{Emisión} = \text{Actividad} * \text{Factor de emisión} \quad (1)$$

En la ecuación presentada, la “actividad” se refiere a la cantidad de kilómetros que viaja el vehículo a lo largo de la prueba en el tráfico. El factor de emisión corresponde a la cantidad de contaminante que expulsa el vehículo por kilómetro que recorre y es medido en g/km. (Elizabeth et al., 2014) Empleando este modelo, se puede determinar la cantidad de contaminantes que se han emitido al medio ambiente en función de los kilómetros recorridos por un vehículo.

### ***Consumo de Combustible***

A inicios del 2020, la cantidad de vehículos en la ciudad era aproximadamente de 470000, representando alrededor del 70% de la contaminación al aire de la ciudad. Aproximadamente, se consumió 265 millones de galones de combustible, siendo la cantidad de consumo de gasolina 190 millones de galones. (Colcha, 2019)

La ciudad de Quito tiene una altura promedio de 2800 msnm, de forma que el aire de su ambiente contiene bajas cantidades de oxígeno y es mucho menos denso vs ambientes cercanos

al mar. Debido a esto, el consumo de combustible de los vehículos es mayor, puesto que el volumen de aire que aspiran para la mezcla contiene menores cantidades de oxígeno. (López, 2013)

Cabe recalcar que el siguiente estudio se efectuará plenamente en el ambiente de la ciudad de Quito, por lo que este factor físico de la altura sobre el nivel del mar afectando el consumo de combustible, no aplicaría.

### ***Gases contaminantes producidos por vehículos que impactan en la salud***

#### **Hidrocarburos**

Los hidrocarburos se presentan en estado gaseoso normalmente y son el resultado de la unión entre átomos de hidrógeno y carbono. Estos agentes son generados por combustibles no quemados en la combustión del motor, o quemados parcialmente. Las vías más importantes por las que se emiten estos gases al medio ambiente son a través del circuito de escape, vapores generados en el cárter, evaporación de gasolina en el depósito e incluso la pintura de los vehículos emiten ciertas cantidades de HC.

A forma de comparativa, los motores a gasolina emiten mayores cantidades de HC que los motores diésel. Dentro de los distintos tipos de hidrocarburos generados por vehículos a gasolina, existe el benceno que se considera el más perjudicial para la salud debido a que puede producir cáncer. Este hidrocarburo sale al ambiente a partir de la combustión de vehículos motorizados o por los vapores de gasolina liberados por el almacenamiento, manipulación y distribución de gasolinas. (Vintimilla, 2015)

#### **“Efectos en la salud y medio ambiente:**

- Pueden producir irritaciones en las membranas mucosas y pueden causar lesiones sistemáticas al ser inhalados.

- Además, causan somnolencia, irritación ocular y tos.
- También causan daños al medio ambiente por su reacción con los óxidos de nitrógeno en la formación de ozono troposférico y otros agentes fotoquímicos.” (Vintimilla, 2015)

### **Óxido de Nitrógeno**

Los óxidos de nitrógeno (NOx) son gases contaminantes generados por combustiones realizadas a altas temperaturas en ambientes ricos de oxígeno. Normalmente, los motores diésel son los que más cantidad de NOx producen. Estos gases se componen de la combinación entre átomos de oxígeno y de nitrógeno como bases, ya que además de éstos se les suma otros componentes. (Toyota, 2021)

Relaciones bajas de aire/combustible en la mezcla que entra al motor para combustionar, producen mayores cantidades de óxido de nitrógeno. Otra fuente importante en la producción de estos gases se origina por las altas temperaturas existentes dentro de los motores que oxidan el nitrógeno del ambiente, y expulsan esos gases a través del sistema de escape del vehículo. (Andrade et al., 2016)

#### Efectos en la salud y medio ambiente:

- Inclusive en periodos cortos de exposición al NO<sub>2</sub>, puede causar irritación del sistema respiratorio y ocular.
- Incide mucho en la producción de grandes cantidades de smog fotoquímico que afectan al medio ambiente.
- Estos gases son corrosivos para la piel y tracto respiratorio, lo que consecuentemente provoca quemaduras y enrojecimientos graves para la persona.
- Exponerse por mucho tiempo a este gas puede afectar al pulmón y sistema inmune, además causar afectaciones irreversibles en el tejido pulmonar de la persona.

### **Monóxido de Carbono**

El monóxido de carbono (CO) es producido por los vehículos al momento en que se produce una combustión incompleta por falta de oxígeno en la mezcla o por exceso de combustible. Este agente gaseoso es muy tóxico, pudiendo provocar la muerte para quienes lo respiren, debido a que desplaza la molécula de O<sub>2</sub> en los glóbulos rojos de la sangre. (ABC Motor, 2018)

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un gas que se encuentra naturalmente en el ambiente de la tierra y es imprescindible para la vida, debido a que es parte del proceso de fotosíntesis de las plantas y mantiene la temperatura de la tierra. Este gas no es letal en concentraciones medias, y es producido a partir del CO en los catalizadores del vehículo, con el fin de evitar que el CO se emita al ambiente. (ABC Motor, 2018)

#### Efectos en la salud y medio ambiente:

- Al ser respirado en grandes cantidades puede causar la muerte de la persona, ya que la cantidad de oxígeno disponible para las células se ve reducida por este gas, y de esta forma se dificulta su correcta función celular.
- En altos niveles de exposición al CO, puede afectar a la salud produciendo convulsiones, alucinaciones, pérdida de conocimiento y somnolencia.
- Exposiciones al CO pueden producir dolor de cabeza, sensación de desvanecimiento, mareo y cansancio.
- Otros efectos graves en la salud humana son cambios en la memoria, confusión mental, pérdida de visión o cambios en la personalidad de la persona.

***Ciclo Japonés Modo 10 - 15***

Es una metodología empleada en Japón con el objetivo de certificar el consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes emitidas por los vehículos. Esta prueba combina dos segmentos que simulan situaciones de la vida real con tiempos en ralentí, aceleraciones y desaceleraciones; el segmento de 10 modos que representa bajas velocidades en una zona urbana y congestionada, y el segmento de 15 modos en el que se aumentan las velocidades simulando la circulación en una vía interurbana.

“Este ciclo tiene una duración de 892 segundos, recorriendo una distancia de 6.34 km con una velocidad promedio de 25.6 km/h.

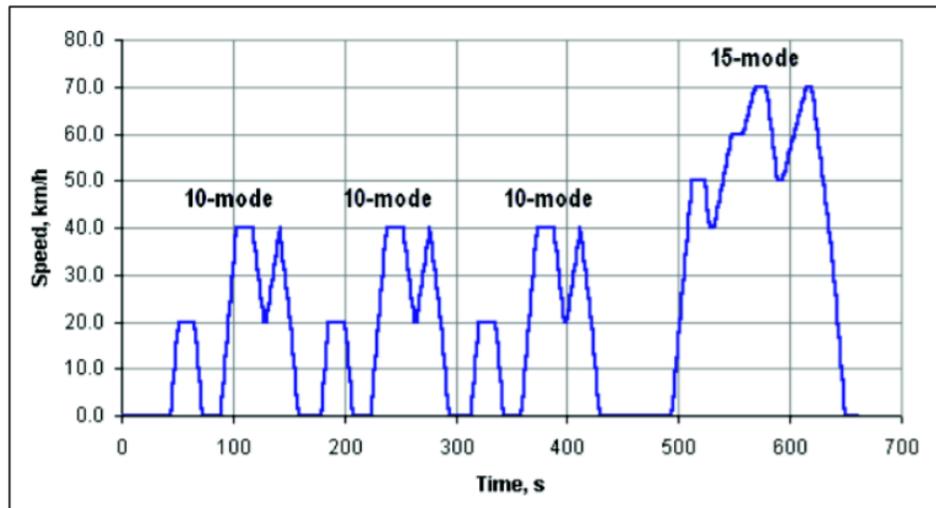
Las fases que cumplen son:

- Calentamiento con una duración de 15 minutos a 60 km/h
- Prueba inactiva
- Calentamiento de 5 minutos a 60 km/h
- Segmento de 15 modos
- Tres repeticiones de segmentos de 10 modos
- Segmento de 15 modos“ (Fajardo & Rodriguez, 2018)

En la figura 3 se muestran las variaciones en velocidades por aceleraciones y desaceleraciones de los modos. Los resultados de las emisiones contaminantes producidas son tomadas de los últimos 4 segmentos del ciclo, y su magnitud se mide en g/km.

**Figura 3**

*Representación del Ciclo de Modo 10 – 15 (Fajardo & Rodriguez, 2018)*



Nota. El gráfico muestra el ciclo con sus primeras 3 segmentaciones a un máximo de 40 km/h y posteriormente el cuarto segmento del ciclo a velocidades más elevadas con un máximo de 70 km/h.

## **Metodología**

### **Método cuantitativo y cualitativo**

“Se llama método cuantitativo a aquel conjunto de estrategias que permiten obtener y procesar la información a través de estadísticas y técnicas formales numéricas que se enmarcan dentro de una relación causa efecto” (Amaya, 2020).

Se decidió emplear esta metodología ya que permitirá describir y evaluar el fenómeno presentado por emisiones contaminantes y consumo de combustible para diferentes vehículos empleando las distintas modalidades de manejo, mediante la tabulación de los resultados y análisis de datos. De esta forma se podrá conseguir determinar las ventajas que ofrece la modalidad de manejo eco-driving frente a la convencional en ambientes de prueba realizados en Quito, a 2800 msnm.

### **Diseño de experimentaciones**

Durante este trabajo se realiza dos diferentes evaluaciones que permitan analizar tanto el rendimiento del combustible como los factores de emisiones contaminantes que permitan caracterizar la modalidad de manejo eficiente eco-driving y contrastarla con la normal. De igual forma, para ambas evaluaciones se emplearán los mismos vehículos, siendo esta una variable controlada y sus características principales a tomar en cuenta se observan en la tabla 1:

**Tabla 1***Vehículos seleccionados para las experimentaciones*

<b>Modelo</b>	<b>Año</b>	<b>Motor [L]</b>
Toyota Hilux	2009	2.7
Grand Vitara SZ	2012	2.4
Hyundai Tucson	2010	2.0

Nota. Los valores indicados para el motor hacen referencia a la cilindrada de los vehículos en litros.

Los 3 vehículos son de gama media, sus modelos son de años muy cercanos y el tamaño de sus motores tienen cierta varianza. Se ha tomado la decisión de emplear estos 3 vehículos ya que la diferencia de su cilindrada permitirá al estudio observar los diferentes resultados que este cambio pueda producir en las modalidades de manejo normal y eco-driving.

#### ***Evaluación al Rendimiento de Combustible***

Las experimentaciones para evaluar el rendimiento de combustible se efectuarán en dos ambientes, uno controlado mediante un dinamómetro y otro en ruta. Esta primera evaluación se enfocará en obtener el rendimiento de combustible (km/gal) sometiendo los 3 vehículos a los diferentes ambientes de pruebas y, además, empleando las dos diferentes modalidades de manejo, eco-driving y normal.

Se empleará el software *Statgraphics Centurion XVI* para analizar y evaluar correctamente los resultados obtenidos en las pruebas. Cabe destacar que este software cuenta con un nivel de confianza del 95%, por lo que se considera apropiado. La siguiente tabla muestra las condiciones de cada una de las pruebas que se realizarán para estas evaluaciones.

**Tabla 2***Formación de pruebas para evaluar el rendimiento de combustible*

# Prueba	Vehículo	Modalidad de Manejo	Ambiente
1	Toyota Hilux	Normal	Dinamómetro
2	Toyota Hilux	Normal	Ruta
3	Toyota Hilux	Eco-driving	Dinamómetro
4	Toyota Hilux	Eco-driving	Ruta
5	Grand Vitara SZ	Normal	Dinamómetro
6	Grand Vitara SZ	Normal	Ruta
7	Grand Vitara SZ	Eco-driving	Dinamómetro
8	Grand Vitara SZ	Eco-driving	Ruta
9	Hyundai Tucson	Normal	Dinamómetro
10	Hyundai Tucson	Normal	Ruta
11	Hyundai Tucson	Eco-driving	Dinamómetro
12	Hyundai Tucson	Eco-driving	Ruta

Cabe recalcar que siguiendo lo establecido en la norma NTE INEN 2205, específicamente en el apartado 6 que habla acerca de “Métodos de Ensayo”, en la sección 6.1.5.4, se menciona “Registrar y promediar un mínimo de 3 lecturas en cada prueba” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012). Por este motivo, se efectuará 3 repeticiones de cada prueba señalada en la tabla anterior y como resultado del estudio se tomará el promedio de las 3 lecturas.

#### ***Evaluación a Factores de Emisiones Contaminantes***

Esta evaluación se la realizará en ciclos simulados empleando un dinamómetro de chasis a los 3 vehículos que se están estudiando y en las dos modalidades de conducción, normal y eco-

driving. Para las simulaciones de estas pruebas se empleará el ciclo japonés de modo 10 – 15 con el objetivo de darle a los vehículos ambientes simulados en los que enfrenten vías urbanas congestionadas e interurbanas con mayor flujo y velocidades. Los factores de emisiones que se considerarán en este estudio son los siguientes:

- **FCO:** Factor de emisión del dióxido de carbono
- **FHC:** Factor de emisión para hidrocarburos
- **FNOx:** Factor de emisión para los óxidos nitrosos

Se empleará el software *Statgraphics Centurion XVI* para analizar los resultados obtenidos en las pruebas que se realizarán.

**Tabla 3**

*Formación de pruebas para evaluar factores de emisiones contaminantes*

# Prueba	Vehículo	Modalidad de Manejo	Ambiente
1	Toyota Hilux	Normal	Dinamómetro
2	Toyota Hilux	Eco-driving	Dinamómetro
3	Grand Vitara SZ	Normal	Dinamómetro
4	Grand Vitara SZ	Eco-driving	Dinamómetro
5	Hyundai Tucson	Normal	Dinamómetro
6	Hyundai Tucson	Eco-driving	Dinamómetro

### **Cálculo de consumo mediante factores de emisión**

Se emplean las fórmulas de los factores de emisiones una vez que se conoce la concentración de emisiones mediante las pruebas. Partiendo de estas fórmulas se obtiene el

consumo del vehículo en gramos por kilómetro recorrido (g/km). A continuación, se muestran las fórmulas de factores contaminantes para cada gas (Colcha, 2019).

$$F_{CO} = \frac{R_{CO}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{CO}}{MW_{comb}} \quad (2)$$

$$F_{HC} = \frac{R_{HC}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{HC}}{MW_{comb}} \quad (3)$$

$$F_{NO} = \frac{R_{NO}}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} * \frac{MW_{NO}}{MW_{comb}} \quad (4)$$

Donde:

- $F_{CO}, F_{HC}, F_{NO}$  : Factores de emisión del CO, HC y NOx respectivamente.
- $R_{CO}, R_{HC}, R_{NO}$  : Razón de CO, HC y NOx respectivamente, respecto a la concentración de CO<sub>2</sub> en porcentaje (%).
- $MW_{CO}, MW_{HC}, MW_{NO}$  : Pesos moleculares del CO, HC y NOx respectivamente.
- $MW_{comb}$  : Peso molecular del combustible.

Dado que el combustible empleado para todas las pruebas es el mismo (extra), se procede a calcular su peso molecular ( $MW_{comb}$ ) como dato constante en las fórmulas, empleando la ecuación (5). Para efectuar este cálculo, la base principal del combustible se toma al octano  $C_{18}H_{18}$  (equivalente  $CH_{2.25}$ ) (Colcha, 2019).

$$MW_{comb} = \frac{12gC}{molC} * \left(\frac{1molC}{mol\ comb}\right) + \frac{1gH}{molH} * \left(\frac{y * molH}{mol\ comb}\right) = 14,25 \frac{g\ comb}{mol\ comb} = 0,01425 \frac{kg\ comb}{mol\ comb} \quad (5)$$

Ahora bien, se procede a determinar el factor de emisión en gramos para cada uno de los contaminantes evaluados, por kilómetro recorrido en las pruebas que se efectúan en ambiente de ruta. Para esto, se aplica la siguiente fórmula sabiendo que las variables independientes para el

cálculo son la densidad del combustible (748 kg/m<sup>3</sup> a 15°C) y el consumo de combustible obtenido en las pruebas de ruta para la distancia recorrida.

$$F'_{CO} = F_{CO} * 6\rho_{comb} * CC \quad (6)$$

Finalmente, combinando la fórmula de la ecuación (6), se puede determinar los factores de emisión para cada gas contaminante, en magnitudes de gramos por kilómetro (g/km) que se recorrió en las pruebas.

$$g_{CO} = \left( \frac{28 \frac{\%CO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left( 3 * \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{6\rho_{comb} * CC}{0,01425} \right) * d \quad (7)$$

$$g_{HC} = \left( \frac{42 \frac{\%HC}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left( 3 * \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{6\rho_{comb} * CC}{0,01425} \right) * d \quad (8)$$

$$g_{NO} = \left( \frac{30 \frac{\%NO}{\%CO_2}}{\frac{\%CO}{\%CO_2} + \left( 3 * \frac{\%HC}{\%CO_2} \right) + 1} * \frac{6\rho_{comb} * CC}{0,01425} \right) * d \quad (9)$$

## **Materiales y equipos empleados para el desarrollo de las pruebas**

### ***Dinamómetro de Chasis LPS 3000***

Este equipo es un banco de pruebas de potencia con capacidad de evaluar a vehículos livianos, camiones o motocicletas, permitiendo realizar mediciones de forma discreta o continua y empleando gráficas para simulaciones de cargas. Entre sus principales características se encuentran su mando a distancia para el control del dinamómetro, refrigeración por ventilador y ofrece datos de medición externos.

Este tipo de dinamómetro se compone principalmente de los siguientes elementos: bomba hidráulica, cardan, sistema de adquisición de datos, freno de corrientes, cilindros hidráulicos,

CPU, pantalla LCD, extractor de gases, control remoto, parásitas, juego de rodillos, entre otros.

(Yerovi, 2019)

#### Figura 4

Dinamómetro de Chasis LPS 3000



Nota. Imagen capturada durante una prueba realizada en CICCEV.

Al obtener las características del equipo, se puede definir que cumplen con las capacidades necesarias para efectuar las pruebas a los 3 vehículos que se involucrarán en el estudio. La potencia del motor, par, revoluciones y velocidades permiten realizar los diagnósticos necesarios para efectuar las simulaciones planificadas en los experimentos.

#### Tabla 4

*Características técnicas del Dinamómetro de chasis LPS 3000 (Colcha, 2019)*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MAGNITUD</b>
<b>Carga axial</b>	15000 kg
<b>Ancho de vía</b>	820 mm - 2620 mm
<b>Longitud de rodillos</b>	900 mm
<b>Diámetro de rodillo</b>	318 mm
<b>Distancia entre rodillos</b>	565 mm
<b>Velocidad de prueba máx.</b>	200 km/h

<b>Potencia de rueda máx.</b>	660 kW
<b>Fuerza de tracción máx.</b>	15000 N
<b>Sistema de medición</b>	sistema de medición electrónico DMS
<b>2 frenos eléctricos de corrientes parásitas</b>	150 kW
<b>Fusible (lento)</b>	63 A
<b>Alimentación de corriente</b>	3/N/PE 400 V 50 Hz
<b>Precisión de medición +/-</b>	2 %
<b>Peso</b>	2350 kg
<b>Peso incl. embalaje</b>	2500 kg

---

#### ***Equipo para medición de gases contaminantes MAHA MGT 5***

Este equipo es un analizador de gases contaminantes de corriente parcial sin indicador, con capacidad de análisis de HC, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> con cálculo del valor lambda. Contiene un control interno de protección a la condensación, un separador activo de agua condensada mediante una bomba separadora de membrana, permite indicar los resultados del test en pantalla de PC o laptop.

#### **Figura 5**

*Equipo para medición de gases contaminantes MAHA modelo MGT – 5*



Este equipo cuenta con las siguientes especificaciones técnicas extraídas de un catálogo oficial de MAHA.

**Tabla 5**

*Características técnicas del equipo de medición de gases MAHA MGT 5 (MAHA, 2019)*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Gases mesurables</b>	HC, CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO (Option)
<b>Principio de medición espectrometría de infrarrojo</b>	HC, CO, CO <sub>2</sub>
<b>Principio de medición detección electroquímica</b>	O <sub>2</sub> , NO
<b>Tiempo de calentamiento</b>	480 s
<b>Índice de flujo</b>	3,5 l/min
<b>Presión de trabajo</b>	0,75 bar - 1,1 bar
<b>Clase de precisión</b>	O (OIML)
<b>Tensión de a bordo</b>	12 V / 42 V
<b>Alimentación de corriente</b>	1/N/PE 85 V/285 V 50 Hz
<b>Dimensiones totales (La x An x Al)</b>	240 mm x 560 mm x 300 mm
<b>Peso</b>	10 kg
<b>CO - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)</b>	0 - 15 % Vol. / 0,01
<b>CO<sub>2</sub> - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)</b>	0 - 20 % Vol. / 0,01
<b>HC - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)</b>	0 - 9999 ppm / 0,1 (Hexan) 0 - 20000 ppm / 1 (Propan)
<b>O<sub>2</sub> - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)</b>	0 - 25 % Vol. / 0,01
<b>Lambda (calculada)</b>	0,5 - 9,99 / 0,01
<b>NO (Opcional) - Rango de medición/Exactitud de medición (máx)</b>	0 - 5000 ppm / 1

***Equipo para medición del consumo de combustible***

Este equipo es un limpiador del sistema de inyección de motores y está compuesto de una válvula de seguridad, válvula de descarga de presión y un manómetro para controlar la presión. Genera una presión hacia el sistema de inyección del vehículo a través de los ductos de combustible, permitiendo así medir la cantidad de combustible que es consumido. Su instalación es sencilla, pues cuenta con acoples de conexión para los ductos de combustible.

**Figura 6***Equipo para medición del consumo de combustible*

Para mayor entendimiento acerca del equipo, se puede observar en la siguiente tabla las características técnicas.

**Tabla 6**

*Características técnicas del equipo para medición del consumo de combustible (Colcha, 2019)*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Cantidad de llenado máxima</b>	5 litros
<b>Contenido total del depósito</b>	7 litros

<b>Sobrepresión admisible de servicio</b>	7 bares
<b>Peso de la unidad</b>	4.5 Kg
<b>Dispositivo de seguridad</b>	Válvula de seguridad
	Manómetro
	Válvula de descarga de presión

### *GPS Garmin MAP 76 CSx*

El GPS Garmin MAP 76 CSx se empleará para ir registrando la ubicación exacta del vehículo en las pruebas de ruta. Además, este equipo proporciona datos como la altura, temperatura y entrega las velocidades media y máxima alcanzadas por el vehículo en ruta.

### **Figura 7**

*GPS Garmin MAP 76 CSx*



**Tabla 7***Características técnicas del GPS Garmin Modelo 76 CSx (CNet, 2021)*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Precisión</b>	0.16 pies/seg
<b>Software compatible</b>	MapSource BlueChart, MapSource US TOPO 24K, MapSource Puntos calientes de pesca, MapSource Recreational Lakes, MapSource US TOPO, MapSource City Navigator
<b>Frecuencia de actualización</b>	1 segundo
<b>Lector de tarjetas</b>	microSD
<b>Fabricante</b>	Garmin
<b>Tamaño diagonal de pantalla</b>	2.6"
<b>Resolución de pantalla</b>	160 x 240 píxeles
<b>Impermeable</b>	sí
<b>Peso</b>	216 gr

***Matraz y Probeta***

Estos dos instrumentos de laboratorio se emplearán para la medición de combustible en cada finalización de las pruebas, para todos los modos, tanto en dinamómetro de chasis como en ruta. Las características técnicas más relevantes de estos instrumentos se encuentran en la siguiente tabla.

**Figura 8***Matraz y Probeta***Tabla 8***Características de Matraz y Probeta*

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Forma de Matraz	Conífera
Capacidad de Matraz	5000 ml.
Forma de Probeta	Vertical alargado
Capacidad de Probeta	1000 ml.

***Combustible seleccionado para el estudio - Extra***

Para todas las experimentaciones de este trabajo se ha decidido emplear gasolina Extra, el combustible de menor octanaje comercializado en Ecuador. El precio de esta gasolina en la actualidad es de 2.09 \$ / galón. En la siguiente tabla se puede observar las características técnicas de este combustible. (Primicias, 2021)

**Tabla 9***Ficha técnica de gasolina Extra (EPMAPS, 2018)*

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
Estado físico	Líquido a temperatura ambiente
Aspecto	Transparente y brillante
Color	Verde
Olor	Característico
Temperatura de ebullición inicial	35°C aproximadamente
Temperatura de ebullición final	210°C aproximadamente
Solubilidad en Agua	0.003-0.010 kg/m <sup>3</sup>
Presión de vapor Reid	48-78 kPa
Densidad de Vapor (Aire=1)	>3
Densidad a 15 °C	735-785 kg/m <sup>3</sup>
Densidad Relativa	0.7643
Viscosidad Cinemática 37.8 °C	<1 mm <sup>2</sup> /s
Octanaje	87
Calor de Combustión	19 277 BTU/lb
Temperatura de auto ignición	>250 °C

### **Vehículos seleccionados para el desarrollo de las experimentaciones**

Las experimentaciones que se realizarán en el siguiente trabajo a lo largo de las pruebas, emplearán vehículos de gama media, 2 SUV's y 1 camioneta. Los modelos escogidos para el estudio permitirán entregar resultados aproximados que puedan aplicarse a la mayoría de los vehículos de su misma gama y tipo.

**Toyota Hilux**

Este primer vehículo es una camioneta doble cabina, destinada a un uso de trabajo en diferentes ambientes, tanto urbano como rural. En la siguiente tabla se puede apreciar más detalladamente sus características técnicas.

**Figura 9***Camioneta Toyota Hilux 2009***Tabla 10***Características técnicas de camioneta Toyota Hilux 2009*

DATOS GENERALES DEL VEHICULO			
<b>Marca</b>	TOYOTA	<b>VIN Chasis/Placa</b>	MR0EX12G09231 6678 / PBL3558
<b>Modelo</b>	ETT HILUX 4X2 CD	<b>Kilometraje</b>	170 224
MOTOR (Datos del fabricante)			
<b>Posición del motor</b>	DELANTERO LONGITUDINAL	<b>No. Motor</b>	2TR6708422
<b>No. de cilindros y disposición</b>	4 EN LÍNEA	<b>Cilindrada [cm3]</b>	2700
<b>Máxima Potencia (kw/rpm)</b>	121.5 KW @ 5200 RPM	<b>Máximo Torque (Nm/rpm)</b>	245 Nm @ 3800 RPM

<b>Sistema de enfriamiento</b>	REFRIGERANTE	<b>Tipo de aspiración</b>	ATMOSFÉRICO
<b>Combustible</b>	Gasolina	<b>Categoría - Subcategoría-Clase</b>	CAMIONETA DE DOBLE CABINA
<b>Tipo</b>	N_1	<b>Año modelo vehículo</b>	2009
<b>Tonelaje</b>	0,75	<b>País de origen</b>	TAILANDIA
<b>Transmisión / Cambio de Velocidades</b>			
<b>Tipo</b>	Manual	<b>Nro. Relaciones</b>	5 + Reversa
<b>Relación final de Transmisión</b>	N/D	<b>Neumáticos (Dimensiones)</b>	215/60 R16

**Grand Vitara SZ**

Este es un vehículo de tipo SUV, empleado para movilización urbana y en autopistas, a mayores velocidades. En la siguiente tabla se detallan las características técnicas de este vehículo.

**Figura 10***Grand Vitara SZ 2012***Tabla 11***Características técnicas de Grand Vitara SZ 2012*

DATOS GENERALES DEL VEHICULO			
<b>Marca</b>	SUZUKI	<b>VIN Chasis/Placa</b>	8LDCB0370C011 0722 / PBW6596
<b>Modelo</b>	GRAND VITARA SZ 2.4L 5P TA 4X2	<b>Kilometraje</b>	62 222
MOTOR (Datos del fabricante)			
<b>Posición del motor</b>	DELANTERO LONGITUDINAL	<b>No. Motor</b>	J24B1134922
<b>No. de cilindros y disposición</b>	4 EN LÍNEA	<b>Cilindrada [cm3]</b>	2400

<b>Máxima Potencia (kw/rpm)</b>	121.55 KW @ 6000 RPM	<b>Máximo Torque (Nm/rpm)</b>	255 Nm @ 4500 RPM
<b>Sistema de enfriamiento</b>	REFRIGERANTE	<b>Tipo de aspiración</b>	ATMOSFÉRICO
<b>Combustible</b>	Gasolina	<b>Categoría - Subcategoría-Clase</b>	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO
<b>Tipo</b>	M_1	<b>Año modelo vehículo</b>	2012
<b>Tonelaje</b>	0,75	<b>País de origen</b>	ECUADOR
<b>Transmisión / Cambio de Velocidades</b>			
<b>Tipo</b>	Automática	<b>Nro. Relaciones</b>	N/A

### *Hyundai Tucson*

Este es el segundo vehículo de tipo SUV que entra en el estudio de este trabajo. Se emplea para movilización en vías urbanas y autopistas a mayores velocidades. A continuación, se puede observar más detalladamente las características técnicas de este vehículo.

### **Figura 11**

*Hyundai Tucson 2010*



**Tabla 12***Características técnicas de Hyundai Tucson 2010*

<b>DATOS GENERALES DEL VEHICULO</b>			
<b>Marca</b>	HYUNDAI	<b>VIN Chasis/Placa</b>	KMHJM81BAAU 172871 / PBM7630
<b>Modelo</b>	TUCSON	<b>Kilometraje</b>	184375
<b>MOTOR (Datos del fabricante)</b>			
<b>Posición del motor</b>	DELANTERO TRANSVERSAL	<b>No. Motor</b>	GAGC9665293
<b>No. de cilindros y disposición</b>	4 EN LÍNEA	<b>Cilindrada [cm3]</b>	2000
<b>Máxima Potencia (kw/rpm)</b>	104 KW @ 6000 RPM	<b>Máximo Torque (Nm/rpm)</b>	184 Nm @ 4500 RPM
<b>Sistema de enfriamiento</b>	REFRIGERANTE	<b>Tipo de aspiración</b>	ATMOSFÉRICO
<b>Combustible</b>	Gasolina	<b>Categoría - Subcategoría-Clase</b>	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO
<b>Tipo</b>	M_1	<b>Año modelo vehículo</b>	2010
<b>Tonelaje</b>	0,75	<b>País de origen</b>	COREA DEL SUR
<b>Transmisión / Cambio de Velocidades</b>			
<b>Tipo</b>	Manual	<b>Nro. Relaciones</b>	5 + Reversa
<b>Relación final de Transmisión</b>	N/D	<b>Neumáticos (Dimensiones)</b>	235/60 R16

### **Procedimiento de pruebas**

El desarrollo de las pruebas necesarias se llevó a cabo en las instalaciones del CCICEV (Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares), laboratorio perteneciente a la Escuela Politécnica Nacional (Figura 12). Se contó con el apoyo tanto del personal como de los equipos para llevar a cabo las pruebas en dinamómetro y en ruta.

### **Figura 12**

*Instalaciones del CCICEV (Bus Ecuador, 2017)*



### ***Puntos Importantes de conducción eficiente, eco-driving***

Para llevar a cabo la modalidad de conducción eco-driving es necesario seguir los siguientes puntos:

1. Realizar una revisión del motor antes de iniciar con cualquier tipo de prueba de esta modalidad.
2. Antes de encender el vehículo, se debe revisar la presión de todos los neumáticos.
3. Cualquier cambio de marcha debe efectuarse entre 2000 y 2500 RPM.
4. Procurar circular en marchas elevadas y bajas revoluciones del motor.

5. Mantener una velocidad constante en el trayecto, no frenar o acelerar de formas muy alteradas
6. La primera marcha únicamente se empleará para iniciar el movimiento del vehículo.
7. Tomar ventaja de la inercia del vehículo siempre que sea posible y seguro.
8. Reducir las velocidades con el motor, procurar usar el freno solamente para detener el vehículo.
9. Descender con bajas marchas en las pendientes, evitar usar freno.
10. Nunca oprimir el freno a su punto muerto.

### ***Prueba en dinamómetro de chasis***

Las pruebas en dinamómetro de chasis se realizaron empleando el ciclo japonés MODO 10 – 15 para las modalidades de conducción normal y eco-driving. Este ciclo de pruebas aplicadas en los vehículos permite simular dos escenarios de tráfico distintitos, lo que le da mayor cobertura de evaluación a las pruebas.

En los ciclos de 10, se simula bajas velocidades en vías urbanas con tráfico, y en los ciclos de 15 se simulan tráficos menos densos en vías interurbanas aumentando las velocidades de manejo. En la figura 3 se puede observar mejor el funcionamiento de este ciclo.

### **Procedimiento de Pruebas en Dinamómetro de Chasis LPS 3000**

El procedimiento que a continuación se presentará para las pruebas en dinamómetro de chasis, se efectúa con los tres vehículos tomados para las pruebas (Tabla 1) y bajo las dos modalidades de manejo, normal y eficiente (eco-driving).

Preparación inicial:

1. Iniciar realizando un chequeo visual completo del estado con el que ingresa el vehículo al laboratorio de pruebas.
2. Hacer ingresar al vehículo ubicando las ruedas del eje motriz sobre los rodillos del dinamómetro.
3. Como medida de seguridad, anclar los laterales del chasis al dinamómetro mediante correas.

### Figura 13

*Anclado del chasis de un vehículo al dinamómetro*



4. Desconectar el relé de la bomba de combustible del vehículo.

**Figura 14**

*Desconexión del relé de la bomba de combustible del vehículo*



5. Conectar la bomba de combustible externa, marca LIQUIMOLY con capacidad de 5000 ml, directamente al riel de los inyectores.

**Figura 15**

*Conexión de la bomba de combustible LIQUIMOLY*



6. Se procede a llenar el tanque de la bomba LIQUIMOLY en su totalidad, con 5000 ml de gasolina extra.
7. En el tubo de escape, se procede a conectar el sensor analizador de gases.
8. Configurar el sistema automatizado de mando del dinamómetro en Ciclo Japonés de Modo 10 – 15, antes de iniciar con la etapa inicial de pruebas.

### **Figura 16**

*Sistema Automatizado de mando del dinamómetro*



#### Inicio del protocolo de prueba en dinamómetro:

9. Encender el vehículo
10. Se procede a poner en marcha al vehículo y se activa el protocolo de pruebas desde el software computarizado del mando. En esta etapa, la conducción es normal, sin aplicar o considerar alguna técnica o parámetro en específico.

11. Al haber pasado aproximadamente 660 segundos (11 min), termina el ciclo de conducción.
12. Guardar los resultados obtenidos en el reporte dado por el sensor del analizador de gases.
13. Apagar el vehículo.

Procedimientos finales y toma de datos:

14. Se procede a despresurizar con cuidado el tanque LIQUIMOLY.
15. Vaciar el tanque LIQUIMOLY que contiene el sobrante de combustible consumido, en el matraz.
16. Empleando la probeta y más combustible, se procede a ir llenando el matraz cuidadosamente, midiendo la cantidad de mililitros (ml) necesaria hasta que llegue a los 5000 ml máximos marcados del matraz. La cantidad suministrada por la probeta viene a ser la cantidad de combustible consumido en la prueba.

**Figura 17**

*Llenado del matraz para determinar consumo de combustible empleando probeta.*



***Prueba en ruta***

Las pruebas en ruta, tanto para la conducción en modalidad eco-driving como para modalidad normal, se realizaron mediante el mismo recorrido con el objetivo de que factores externos como la vía y sus diversas imperfecciones reduzcan al mínimo posible su influencia en los resultados de las pruebas. El recorrido fue el siguiente:

1. Se da inicio en el redondel de Cumbayá.
2. Se toma la Av. Oswaldo Wayasamín, por la Universidad San Francisco hasta llegar y tomar la Av. Simón Bolívar.
3. Curvar en la Av. De los Granados hasta tomar la Av. Río Coca.
4. Seguir por Av. De los Shyris hasta la Av. 6 de Diciembre.
5. Luego se toma Av. Diego de Almagro hasta la Av. Francisco de Orellana.
6. Tomar Av. La Coruña y finalizar la ruta en la Plaza Artigas por la Av. 12 de Octubre.

Esta ruta fue seleccionada basándose en tres factores: la orografía que presenta, infraestructura vial y densidad o nivel de tráfico. Tener el control de estos factores manteniendo la misma ruta permiten pruebas del rendimiento de combustible más eficaces. La figura muestra el recorrido descrito anteriormente.

**Figura 18**

*Recorrido para pruebas en ruta, eco-driving y normal. (CCICEV, 2020)*



Nota. La gráfica en rojo muestra las variaciones en la altura sobre el nivel del mar que se tomaron a lo largo del trayecto en las pruebas.

### **Procedimiento de Pruebas en Ruta**

El procedimiento para las pruebas en Ruta es muy similar al ~~de las pruebas en~~ dinamómetro de chasis LPS 3000. A continuación, se muestra el paso a paso del procedimiento realizado en pruebas en ruta.

#### Preparación inicial:

1. Iniciar realizando un chequeo visual completo del estado con el que ingresa el vehículo al laboratorio de pruebas.
2. Hacer ingresar al vehículo ubicando las ruedas del eje motriz sobre los rodillos del dinamómetro.
3. Como medida de seguridad, anclar los laterales del chasis al dinamómetro mediante correas.

4. Desconectar el relé de la bomba de combustible del vehículo.
5. Conectar la bomba de combustible externa, marca LIQUIMOLY con capacidad de 5000 ml, directamente al riel de los inyectores.
6. Se procede a llenar el tanque de la bomba LIQUIMOLY en su totalidad, con 5000 ml de gasolina extra.
7. En el tubo de escape, se procede a conectar el sensor analizador de gases.
8. Encendido y configuración del equipo GPS Garmin MAP 76 CSx. Este equipo entregará la distancia, velocidad y el tiempo en vivo del trayecto que se seguirá a lo largo de cada prueba.

### Figura 19

*Encendido y configuración del equipo GPS Garmin MAP 76 CSx*



Inicio del protocolo de prueba en dinamómetro:

9. Encender el vehículo
10. Se procede a poner en marcha al vehículo y se activa el protocolo de pruebas desde el software computarizado del mando. En esta etapa, la conducción es normal, sin aplicar o considerar alguna técnica o parámetro en específico.
11. Siguiendo la ruta establecida bajo el protocolo de modalidad de manejo convencional y eco-driving según la prueba, se estima terminar cada prueba en alrededor 30 – 40 minutos en función del tráfico y condiciones climáticas
12. Guardar los resultados obtenidos en el reporte dado por el GPS Garmin MAP CSx acerca de la velocidad, distancia y tiempos.
13. Apagar el vehículo.

Procedimientos finales y toma de datos:

14. Se procede a despresurizar con cuidado el tanque LIQUIMOLY.
15. Vaciar el tanque LIQUIMOLY que contiene el sobrante de combustible consumido, en el matraz.
16. Empleando la probeta y más combustible, se procede a ir llenando el matraz cuidadosamente, midiendo la cantidad de mililitros (ml) necesaria hasta que llegue a los 5000 ml máximos marcados del matraz. La cantidad suministrada por la probeta viene a ser la cantidad de combustible consumido en la prueba.

## Resultados y Discusión

### Análisis al Rendimiento de Combustible en Pruebas de Ruta

En base a los datos obtenidos acerca del consumo de combustible, en los reportes de resultados del CCICEV para las pruebas en ruta, se recoge los datos entregados por la tabla 13. Observando estos resultados se conseguirá determinar el impacto que genera la aplicación de la modalidad de manejo eco – driving en comparación con la normal.

**Tabla 13**

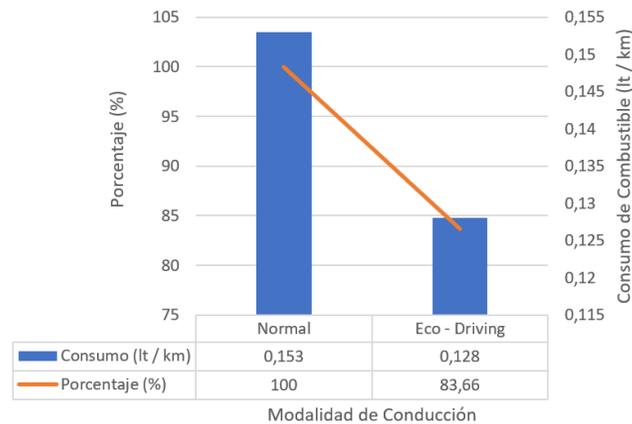
*Resultados del consumo de combustible en Pruebas de Ruta*

<i>Modalidad</i>	<b>Toyota Hilux</b>		<b>Grand Vitara SZ</b>		<b>Hyundai Tucson</b>	
	<i>Normal</i>	<i>Eco - Driving</i>	<i>Normal</i>	<i>Eco - Driving</i>	<i>Normal</i>	<i>Eco - Driving</i>
<i>Pruebas</i>	<i>[l / km]</i>	<i>[l / km]</i>	<i>[l / km]</i>	<i>[l / km]</i>	<i>[l / km]</i>	<i>[l / km]</i>
1	0,154	0,127	0,155	0,136	0,134	0,121
2	0,140	0,126	0,153	0,136	0,132	0,115
3	0,165	0,130	0,146	0,136	0,135	0,120
<b>Promedio</b>	<b>0,153</b>	<b>0,128</b>	<b>0,151</b>	<b>0,136</b>	<b>0,134</b>	<b>0,119</b>

Analizando los resultados obtenidos para la camioneta Toyota Hilux, se puede observar que, en promedio a todas las pruebas realizadas recorriendo una distancia de 17 km, bajo la modalidad de manejo normal consumió 0.153 l/km y en modalidad eficiente (eco-driving) consumió 0.128 l/km. Esta variación representa una reducción en el consumo de combustible aplicando modalidad eco-driving del 16.34% que se puede observar en la figura 20.

**Figura 20**

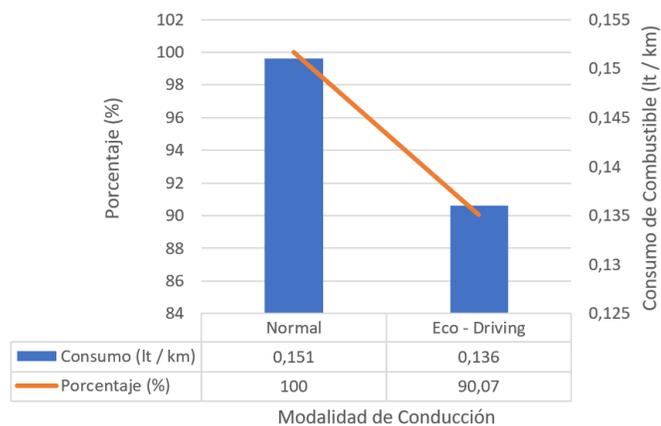
*Gráfica comparativa del consumo de combustible en modalidades de manejo para Toyota Hilux, pruebas en ruta*



En cuanto al Grand Vitara SZ, recorriendo una distancia de 17 km durante la prueba, se obtuvo un consumo de combustible en modalidad normal promedio de 0.151 l/km y en modalidad eco-driving 0.136 l/km. Estos datos representan una reducción en el consumo de combustible adoptando modalidad eco-driving del 9.93% en base a la modalidad normal, como se observa en la figura 21.

**Figura 21**

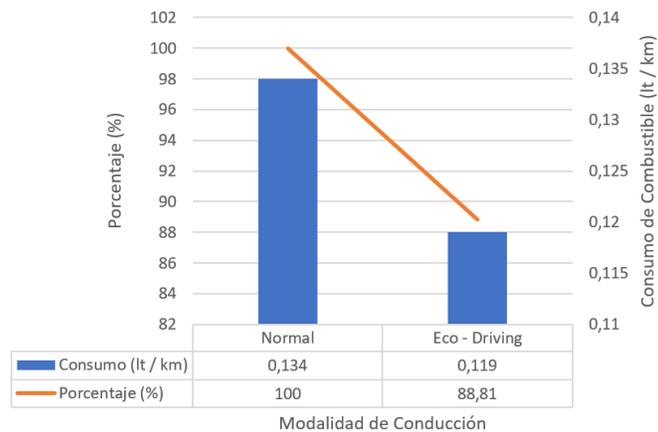
*Gráfica comparativa del consumo de combustible en modalidades de manejo para Grand Vitara SZ, pruebas en ruta*



Por otra parte, las pruebas realizadas al Hyundai Tucson durante un recorrido de 17 km entregaron un consumo de combustible bajo la modalidad de manejo normal de 0.134 l/km en comparación a lo obtenido bajo la modalidad de manejo eco-driving de 0.119 l/km durante el mismo tramo. Estos datos representan una reducción en el consumo de combustible aplicando modalidad eco-driving del 11.19 % que se puede observar en la figura 22.

### Figura 22

*Gráfica comparativa del consumo de combustible en modalidades de manejo para Hyundai Tucson, pruebas en ruta*



### Análisis al Rendimiento de Combustible en Pruebas en Dinamómetro de Chasis

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para el consumo de combustible para cada vehículo evaluado en las pruebas en dinamómetro de chasis. Durante estas pruebas se empleó las dos modalidades de manejo, normal y eco-driving para todos los vehículos, y el recorrido tuvo una distancia de 4.165 km en todas las pruebas. Cabe recalcar que estas pruebas fueron realizadas empleando los protocolos del ciclo japonés, modo 10-15, en cuanto a la simulación de tráfico.

**Tabla 14**

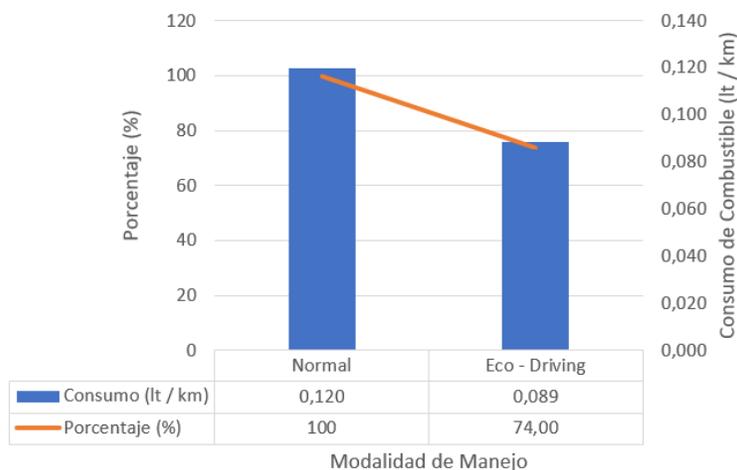
*Resultados del consumo de combustible en pruebas en Dinamómetro de Chasis*

Modalidad	Toyota Hilux		Grand Vitara SZ		Hyundai Tucson	
	Normal	Eco - Driving	Normal	Eco - Driving	Normal	Eco - Driving
Pruebas	[l / km]	[l / km]	[l / km]	[l / km]	[l / km]	[l / km]
1	0,127	0,089	0,122	0,101	0,115	0,082
2	0,118	0,091	0,120	0,096	0,115	0,082
3	0,115	0,086	0,120	0,096	0,110	0,082
<b>Promedio</b>	<b>0,120</b>	<b>0,089</b>	<b>0,121</b>	<b>0,098</b>	<b>0,114</b>	<b>0,082</b>

En la tabla 14 se puede observar los resultados obtenidos para la Toyota Hilux en cuanto su consumo de combustible promedio durante las pruebas. Empleando la modalidad de manejo normal se obtiene 0.120 l/km, mientras que bajo modalidad eco-driving se consiguió 0.089 l/km, representando un ahorro en consumo de combustible del 26% como se muestra en la figura 23.

**Figura 23**

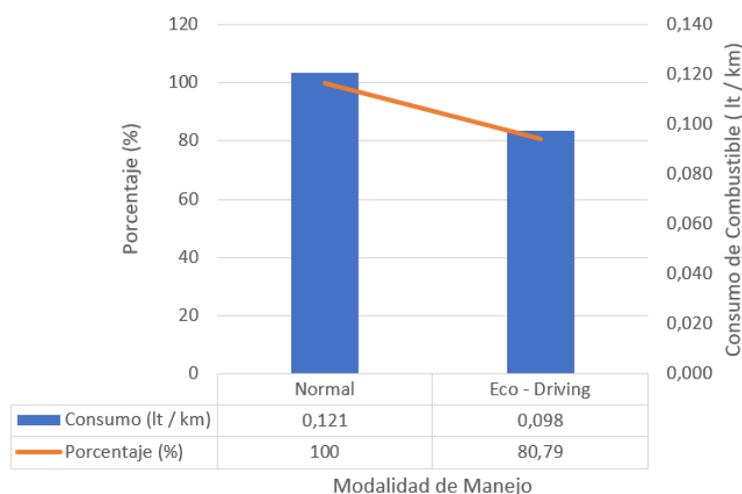
*Gráfica comparativa del consumo de combustible en modalidades de manejo para Toyota Hilux, pruebas en Dinamómetro de Chasis*



Los resultados obtenidos durante estas pruebas para el Grand Vitara SZ, durante el recorrido estándar empleado, se obtuvo que en modalidad normal hubo un consumo de combustible de 0.121 l/km versus el consumo en modalidad eco-driving de 0.098 l/km. Estos datos representan un ahorro bajo la modalidad eco-driving del 19.21 %, como se observa en la figura 24.

### Figura 24

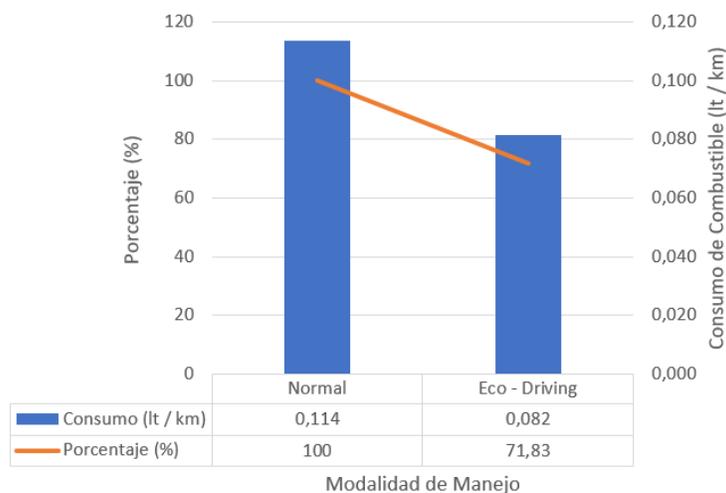
*Gráfica comparativa del consumo de combustible en modalidades de manejo para Grand Vitara SZ, pruebas en Dinamómetro de Chasis*



Por otro lado, los resultados obtenidos en el vehículo Hyundai Tucson, bajo el recorrido estándar empleado, fueron para la modalidad normal un consumo de 0.114 l/km en comparación con la modalidad eco-driving que fue de 0.082 l/km. Estos resultados muestran que el ahorro generado bajo la modalidad eco-driving en consumo de combustible fue del 28.17%, como se observa en la figura 25.

**Figura 25**

*Gráfica comparativa del consumo de combustible en modalidades de manejo para Hyundai Tucson, pruebas en Dinamómetro de Chasis*



Los resultados que se han obtenido en las pruebas sobre dinamómetro de chasis y en ruta para el consumo de combustible entregaron cifras muy similares a las presentadas por el estudio de Remache et al. (2021) realizado en Quito para un vehículo Ford Escape en una ruta muy similar a la realizada durante este estudio, por lo que los factores externos a la prueba que influyeron, resultarían muy similares también. Sus resultados entregaron que bajo la modalidad eco-driving se consigue un ahorro de combustible del 22% aproximadamente, en comparación a una modalidad de manejo convencional.

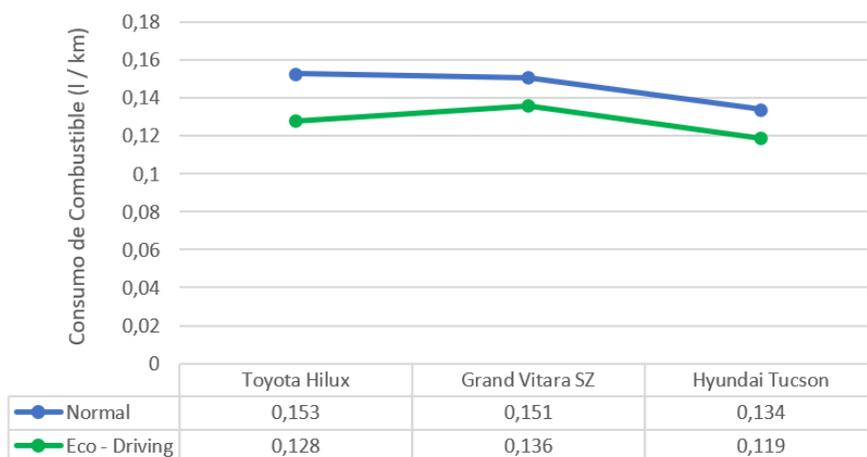
### **Análisis a resultados en ambiente controlado en Dinamómetro de Chasis Vs en Ruta**

Una vez realizadas las pruebas, se reúnen los promedios de consumos de combustible por vehículo para cada modalidad de manejo, tanto para las pruebas en ruta como las realizadas en dinamómetro de chasis. La figura 26 muestra una gráfica comparativa de promedios del consumo de combustible para los 3 vehículos empleados en las pruebas de ruta. Evidentemente, se puede

observar que para los 3 vehículos evaluados, la modalidad de manejo eco-driving en Quito resultó obtener porcentajes de ahorros de combustible. Las diferencias en los consumos de combustible entre vehículos se deben principalmente a las diferentes cilindradas que tienen sus motores (Tabla 1).

### Figura 26

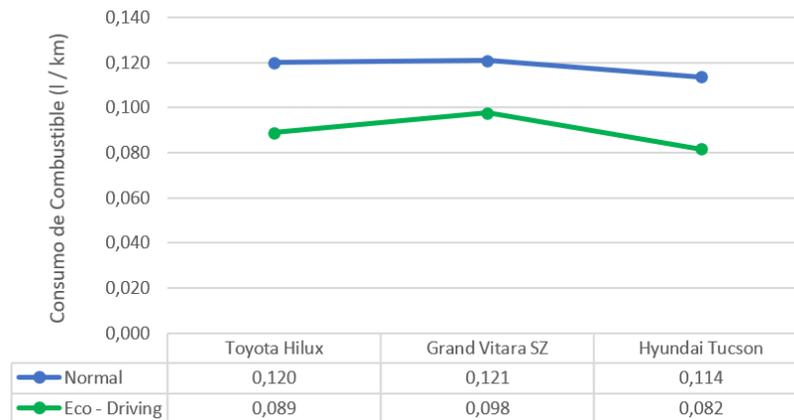
*Gráfica comparativa para Consumo de Combustible de vehículos para pruebas en Ruta*



Por otra parte, observando la figura 27, se puede evidenciar que las formas de las curvas comparativas entre los vehículos son muy parecidas a las de pruebas en ruta. Dentro de estas pruebas varían únicamente los promedios de consumo presentando valores menores a las pruebas en ruta. Esto es debido a que primeramente el tramo recorrido en las pruebas de dinamómetro es menor, y segundo, en dinamómetro de chasis el vehículo no enfrenta otros factores externos que afectan su desempeño y generan mayor consumo, así como es la densidad del tráfico durante la prueba, la orografía del tramo y la infraestructura de las vías.

**Figura 27**

*Gráfica comparativa para Consumo de Combustible de vehículos para pruebas en Dinamómetro de Chasis*



Cabe destacar que, analizando las gráficas en las figuras 26 y 27, se observa que el vehículo que presentó menor consumo de combustible durante todas las pruebas es el Hyundai Tucson, el cual contiene un motor de cilindrada 2.0 L, la menor de los 3 vehículos. Los otros dos vehículos presentaron consumos muy similares en modalidad de conducción normal para ambos ambientes de prueba. Por otro lado, bajo modalidad eco-driving, la Toyota Hilux presenta menor consumo que el Grand Vitara SZ. Esta variación puede deberse a otros factores internos del Grand Vitara SZ, como son un mayor número de puntos a entregar potencia en el sistema de distribución del motor, lo cual produce un mayor consumo.

Para el análisis estadístico se realiza un análisis de superficie para lo cual se renombran las variables independientes según se muestra en la tabla 15. En la figura 28, se muestra cómo se comporta el índice de consumo en función del tipo del vehículo y del modo de conducción, donde se concluye que para ambas pruebas (en ruta y dinamómetro) los mejores resultados se obtienen con el modo de conducción eco-driving, y el vehículo Hyundai Tucson es el que presenta mejor comportamiento entre los vehículos experimentados.

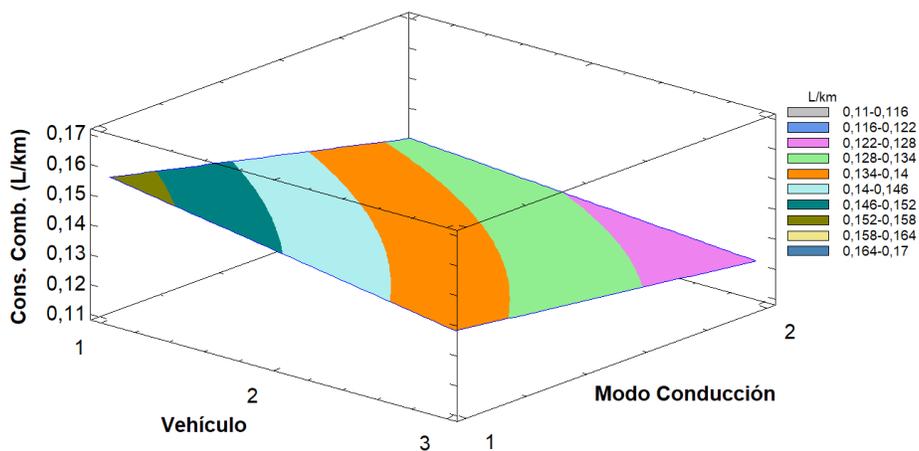
**Tabla 15**

*Características de las variables independientes para el análisis de superficie*

Factores	Bajo	Alto	Niveles	Unidades
Vehículo	1	3	3	1. Toyota Hilux, 2. Grand Vitara, 3. Hyundai Tucson
Modo Conducción	1	2	2	1. Normal, 2. Eco-driving

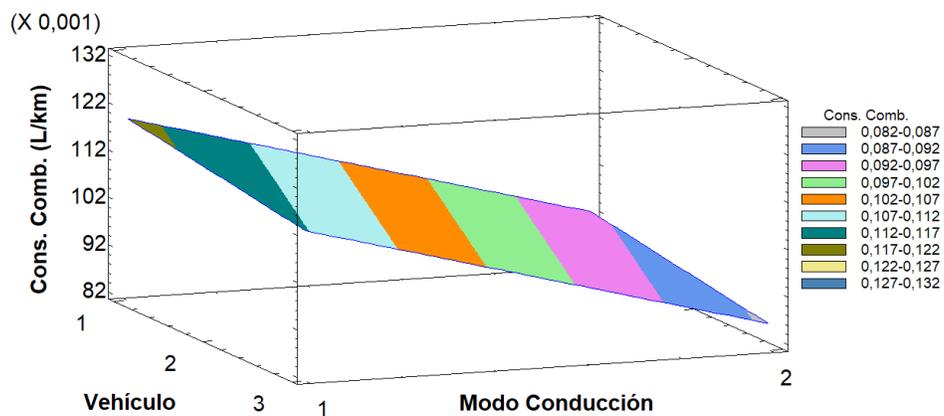
**Figura 28**

*Superficie de respuesta para consumo de combustible: a) en Ruta y b) en Dinamómetro*



$$\text{Cons. Comb.} = 0,194222 - 0,0148333 \cdot \text{Vehículo} - 0,0288889 \cdot \text{Modo Conducción} + 0,00516667 \cdot \text{Vehículo} \cdot \text{Modo Conducción}$$

*a) En ruta*



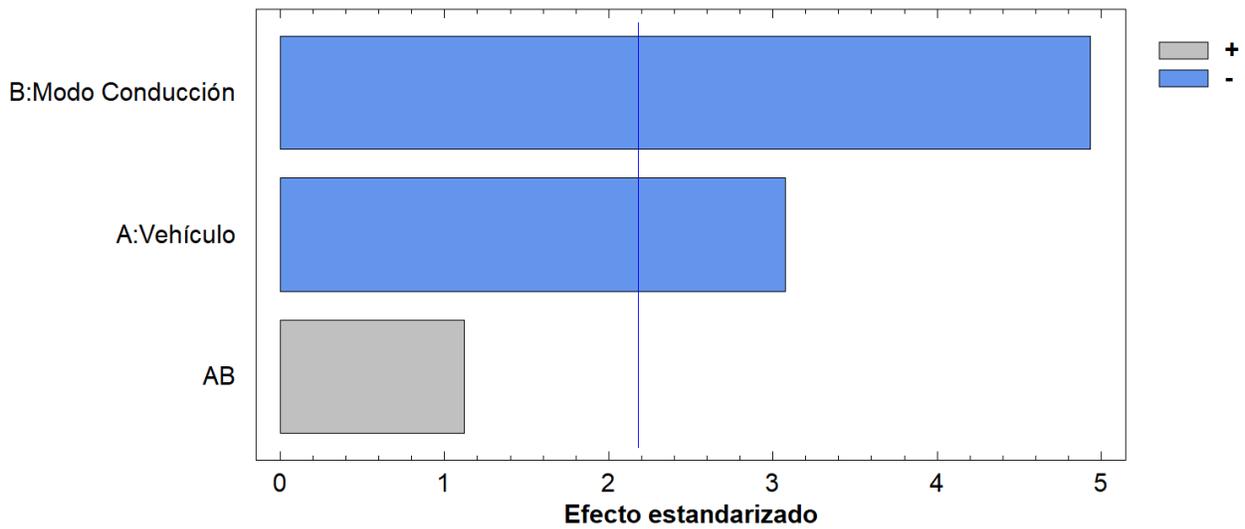
$$\text{Cons. Comb.} = 0,148333 - 0,00333333 \cdot \text{Vehículo} - 0,0261111 \cdot \text{Modo Conducción} + 0,0 \cdot \text{Vehículo} \cdot \text{Modo Conducción}$$

*b) En dinamómetro*

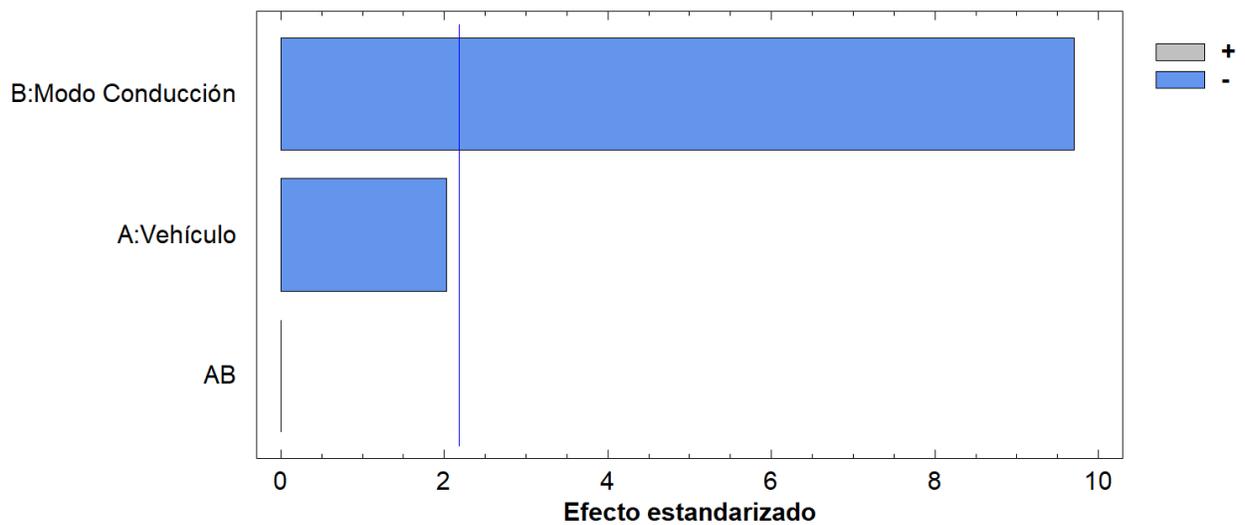
En la figura 29, se muestra la incidencia de los factores independientes sobre el consumo de combustible; en la prueba en ruta tanto el modo de conducción como el vehículo son factores que inciden significativamente, mientras que en el dinamómetro el modo de conducción es el de mayor incidencia.

**Figura 29**

*Incidencia de los factores en el consumo de combustible: a) en Ruta y b) en Dinamómetro*



*a) En ruta*



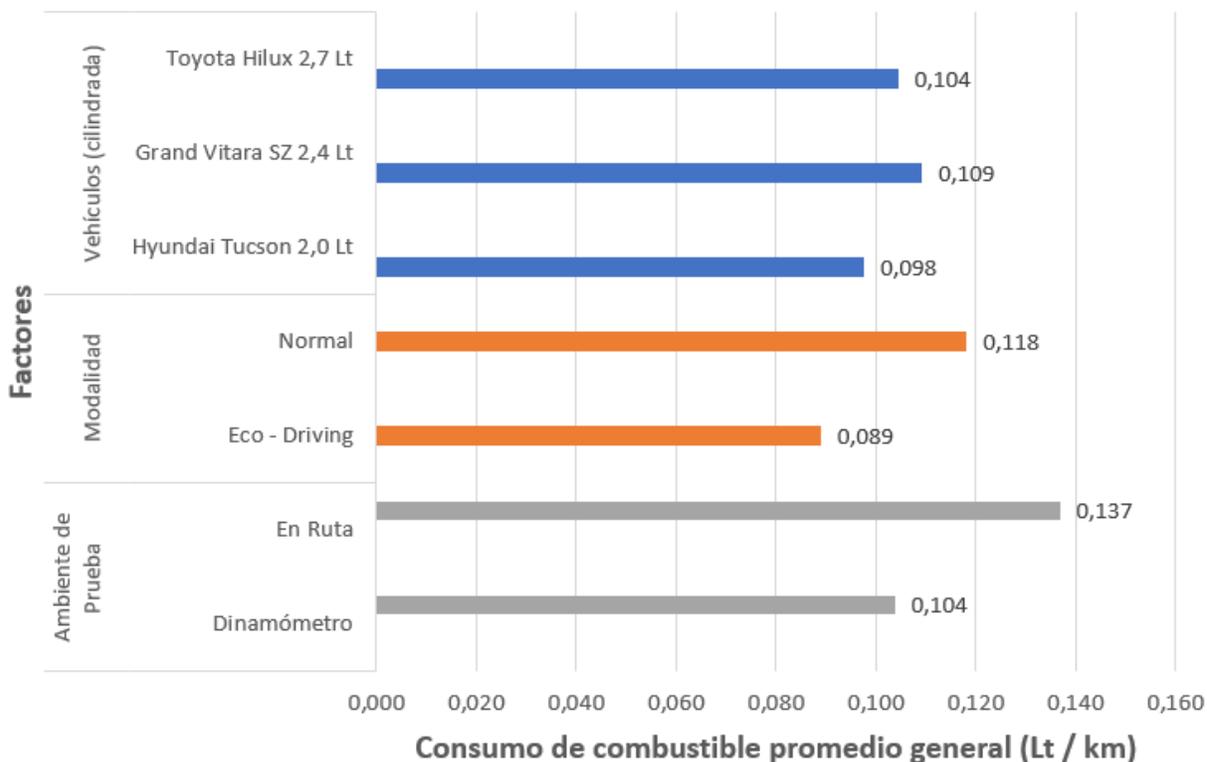
*b) En dinamómetro*

### *Análisis de Factores que influyen en el Consumo de Combustible*

Recopilando todos los resultados obtenidos en las pruebas para determinar consumos de combustible, se obtiene la gráfica de la figura 30, en la que se muestran 3 factores principales que influyen sobre el consumo de combustible. Los valores mostrados en esta gráfica para el factor de “Vehículos” se tomó de los promedios para ambas modalidades de los vehículos en las pruebas de dinamómetro; los datos del factor de “Modalidad” son promedios de los 3 vehículos medidos en las pruebas de dinamómetro para cada modalidad de conducción; y los datos obtenidos para el factor “Ambiente de Prueba” son promedios generales que envuelven los datos obtenidos para los 3 vehículos, en las 2 modalidades, para cada una de los tipos de pruebas realizadas, dinamómetro y ruta.

**Figura 30**

*Gráfica general de Factores que influyen en el Consumo de Combustible*



Como se puede observar en la figura 30, mientras la cilindrada del vehículo sea menor, menor será el consumo de combustible, dado que se necesita menor cantidad para efectuar la combustión. Del mismo modo, se muestra que la modalidad de conducción eco-driving genera un ahorro del 24.5% aproximadamente. Finalmente, es evidente cómo el ambiente de pruebas ideal sobre dinamómetro de chasis generó menor consumo que las pruebas en ruta, debido a que no se enfrenta a factores externos que incrementen el consumo, como es la densidad del tráfico, topografía de la ruta e infraestructuras de las vías en las que se maneje.

El estudio de Mensing et al. (2014) señala que la capacidad volumétrica en los motores de los vehículos es un factor muy importante que afecta el rendimiento de combustible y eficiencia de energía térmica, elevándolos mientras menor sea la cilindrada del vehículo. Explica que se debe a que generalmente el consumo reduce al tener pistones de menor tamaño, son motores fabricados de materiales y diseños más modernos que al reducir su tamaño aumentan su potencia específica.

#### ***Cálculo del costo anual en consumo de combustible para cada vehículo evaluado***

Los datos que se tomarán en cuenta para este cálculo en cada uno de los vehículos son los siguientes: la distancia promedio recorrida por un vehículo durante 1 año es de 20 000 km y el costo actual de la gasolina extra empleada para estos vehículos es de \$2.09 por galón (Primicias, 2021). Sabiendo estos datos, se procede a tabular los resultados de costos en la tabla 16 que se muestra.

**Tabla 16***Costos anuales en consumo de combustible extra para cada vehículo evaluado*

Vehículo	Modalidad de Conducción	Consumo	Consumo Anual	Consumo Anual	Costo Anual	Ahorro Eco-Driving
		(Lt / km)	(Lt)	(gal)	(\$)	
Toyota Hilux	Normal	0,153	3.060	808,37	1.689,49	<b>\$ 276,06</b>
	Eco-Driving	0,128	2.560	676,28	1.413,43	<b>132,09 gal</b>
Grand Vitara SZ	Normal	0,151	3.020	797,80	1.667,40	<b>\$ 165,64</b>
	Eco-Driving	0,136	2.720	718,55	1.501,76	<b>79,25 gal</b>
Hyundai Tucson	Normal	0,134	2.680	707,98	1.479,68	<b>\$ 165,64</b>
	Eco-Driving	0,119	2.380	628,73	1.314,04	<b>79,25 gal</b>

La tabla 16 muestra que, movilizándose en las condiciones presentadas por el tramo establecido en las pruebas de ruta, la Toyota Hilux podría generar un ahorro aproximado de \$ 276.06 reduciendo su consumo anual 132.09 galones; y tanto el Grand Vitara SZ como el Hyundai Tucson generarían un ahorro económico aproximado de \$ 165.64 reduciendo su consumo de combustible anual 79.25 galones.

### **Análisis a los Factores de Emisión en Pruebas en Dinamómetro de Chasis**

En las siguientes tres tablas (Tablas 17, 18 y 19) se presentan los resultados a las lecturas obtenidas por el sensor en las pruebas de dinamómetro de chasis, para las dos modalidades de manejo evaluadas, en los 3 vehículos evaluados y para los factores de emisión FCO, FHC y FNOx. Cabe resaltar que empleando el ciclo japonés de modo 10 – 15, el recorrido para todas estas pruebas fue de 4.165 km.

**Tabla 17***Factores de Emisión obtenidos en Toyota Hilux*

Prueba	Conducción Normal				Conducción Eco - Driving			
	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO <sub>x</sub> (g/km)	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO <sub>x</sub> (g/km)
1	0,127	3,299	0,057	0,053	0,089	1,408	0,024	0,112
2	0,118	1,867	0,037	0,053	0,091	2,707	0,055	0,133
3	0,115	1,603	0,033	0,061	0,086	3,265	0,072	0,222
<b>Promedio</b>	<b>0,12</b>	<b>2,256</b>	<b>0,042</b>	<b>0,056</b>	<b>0,09</b>	<b>2,460</b>	<b>0,050</b>	<b>0,156</b>

**Tabla 18***Factores de Emisión obtenidos en Grand Vitara SZ*

Prueba	Conducción Normal				Conducción Eco - Driving			
	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO <sub>x</sub> (g/km)	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO <sub>x</sub> (g/km)
1	0,122	1,011	0,009	0,099	0,101	0,416	0,008	0,185
2	0,120	0,874	0,011	0,527	0,096	1,019	0,019	0,108
3	0,120	2,109	0,035	0,104	0,096	0,594	0,01	0,147
<b>Promedio</b>	<b>0,12</b>	<b>1,331</b>	<b>0,018</b>	<b>0,243</b>	<b>0,10</b>	<b>0,676</b>	<b>0,012</b>	<b>0,147</b>

**Tabla 19***Factores de Emisión obtenidos en Hyundai Tucson*

Prueba	Conducción Normal				Conducción Eco - Driving			
	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO <sub>x</sub> (g/km)	Consumo (l/km)	FCO (g/km)	FHC (g/km)	FNO <sub>x</sub> (g/km)
1	0,115	0,533	0,104	0,556	0,082	0,587	0,187	0,466
2	0,115	1,189	0,16	0,549	0,082	0,58	0,17	0,432
3	0,110	0,768	0,14	0,455	0,082	0,65	0,159	0,506
<b>Promedio</b>	<b>0,11</b>	<b>0,830</b>	<b>0,135</b>	<b>0,520</b>	<b>0,08</b>	<b>0,606</b>	<b>0,172</b>	<b>0,468</b>

***Análisis del Factor de Emisión del Monóxido de Carbono (CO)***

Partiendo de los resultados obtenidos en las tablas 17 , 18 y 19 se promedian los FCO obtenidos en conducción normal y eco-driving para cada vehículo, formando la tabla 20.

**Tabla 20***Promedios de factores de emisión CO de las modalidades para cada vehículo*

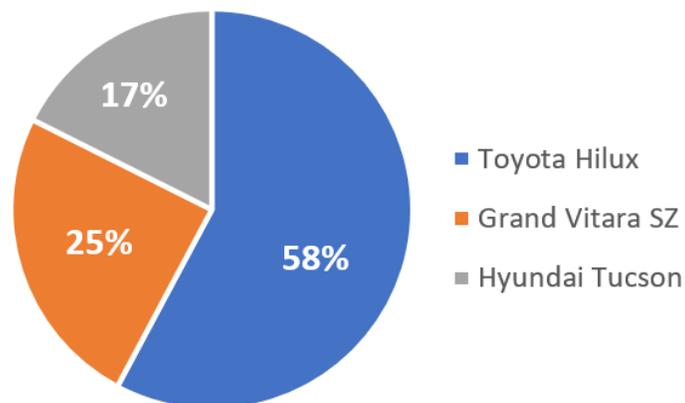
Vehículos	FCO (gr/km)
Toyota Hilux	2.358
Grand Vitara SZ	1.004
Hyundai Tucson	0.718

Graficando estos datos en la figura 31, se puede apreciar que el vehículo que emitió menor cantidad de CO a la atmósfera durante las pruebas fue el Hyundai Tucson con una cilindrada de 2.0 Lt y representando un 17% del total de emisiones de CO producidas en las

pruebas. A éste le sigue el Grand Vitara con una cilindrada de 2.4 Lt y representando el 25%, y finalmente la Toyota Hilux con una cilindrada de 2.7 Lt representando el 58% de las emisiones.

### Figura 31

*Gráfica comparativa de porcentajes en emisión para FCO*



La disminución de emisiones de monóxido de carbono (CO) generadas por los vehículos se ven influenciadas por el cilindraje del motor, par motor, coeficiente de aire y revoluciones sobre las que se maneja el vehículo (Qian, 2013). Aplicando la modalidad de conducción eco-driving, se busca un manejo en un rango de revoluciones controladas y constantes, y un par motor medio que permita no esforzar mucho al motor. Por este motivo es muy evidente la variación de CO entre ambas modalidades de manejo.

El estudio de Haworth (2001) señaló que la conducción en modalidad eco-driving no siempre reducirá las emisiones de CO, debido a que las conducciones se desarrollan en distintos ambientes de prueba con diferentes limitaciones, ya sean los ciclos de conducción aplicados, el los tipos de vehículos que se evalúen, etc. Se puede mencionar que es por este motivo que las emisiones de CO no fueron directamente afectadas por los cambios de modalidades de conducción.

**Análisis del Factor de Emisión de Hidrocarburos (HC)**

Tomando los resultados obtenidos en las tablas 17 , 18 y 19, se procede a promediar los FHC obtenidos en conducción normal y eco-driving para cada vehículo, formando la tabla 21.

**Tabla 21**

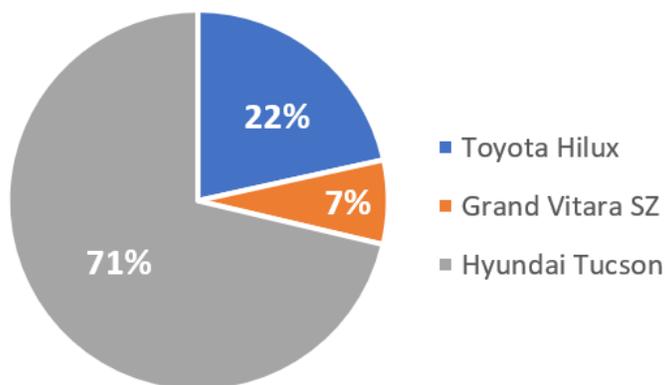
*Promedios de factores de emisión HC de las modalidades para cada vehículo*

<b>Vehículos</b>	<b>FHC (gr/km)</b>
Toyota Hilux	0.046
Grand Vitara SZ	0.015
Hyundai Tucson	0.153

Analizando los datos obtenidos para las emisiones de hidrocarburos generadas durante las pruebas, en la tabla 21, se evidencia que el Grand Vitara con cilindrada de 2.4 Lt fue la que menos hidrocarburos generó, con un porcentaje del total de los 3 vehículos del 7%. Posteriormente se encuentra la Toyota Hilux con cilindrada de 2.7 Lt presentando un 22%. Finalmente, el Hyundai Tucson fue el vehículo que mayor cantidad de hidrocarburos generó, con una participación del 71% entre los demás vehículos evaluados.

**Figura 32**

*Gráfica comparativa de porcentajes en emisión para FHC*



Los resultados obtenidos para los HC emitidos muestran que hubo diferencias significativas en base a las dos modalidades de conducción evaluadas. Estas variaciones coinciden con el estudio realizado por Mensing et al. (2014), en el que se observa que hubo una reducción del 7.4% en emisiones de hidrocarburos (HC) en vehículos de bajas cilindradas, 1.0 Lt y 1.5 Lt. Esta prueba fue una simulación de los dos vehículos en una altura de 169 msnm empleando una modalidad eco-driving. Los resultados de este estudio, sumados a los del presente trabajo, pueden evidenciar que las emisiones de hidrocarburos no se ven directamente afectadas por la modalidad eco-driving bajo las condiciones de las pruebas realizadas.

#### ***Análisis del Factor de Emisión del Óxido de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)***

Tomando los resultados obtenidos en las tablas 17 , 18 y 19, se procede a promediar los FHC obtenidos en conducción normal y eco-driving para cada vehículo, formando la tabla 22.

**Tabla 22**

*Promedios de factores de emisión NO<sub>x</sub> de las modalidades para cada vehículo*

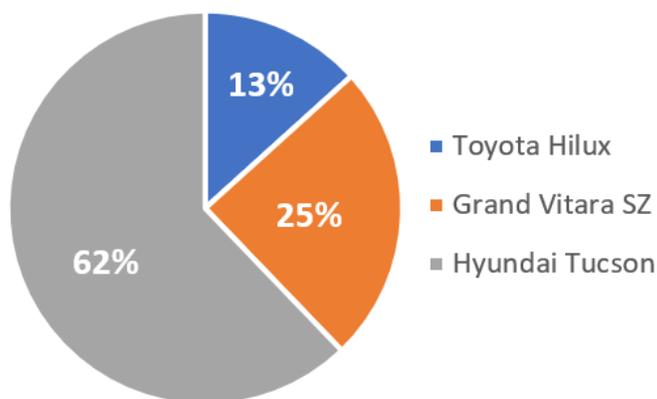
<b>Vehículos</b>	<b>FNO<sub>x</sub> (gr/km)</b>
Toyota Hilux	0.106
Grand Vitara SZ	0.195
Hyundai Tucson	0.494

Analizando los datos de la tabla 22 para las emisiones de óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) emitidas durante las pruebas, para los 3 vehículos evaluados se consigue identificar que la Toyota Hilux de cilindrada 2.7 Lt fue la que menor cantidad de emisiones NO<sub>x</sub> generó durante las pruebas, con un porcentaje del total de 13%. Por otro lado, el Grand Vitara de cilindrada 2.7 Lt, generó el 25% de las emisiones NO<sub>x</sub>. Finalmente, el Hyundai Tucson con cilindrada 2.0, generó la mayor

cantidad de emisiones  $\text{NO}_x$  al presentar un porcentaje de 62% del total de emisiones generadas en las pruebas.

### Figura 33

*Gráfica comparativa de porcentajes en emisión para  $\text{FNO}_x$*



Los resultados obtenidos para las emisiones de  $\text{NO}_x$  se consiguen validar en base al estudio de Haworth (2001), en el que se manifiesta que al aplicar modalidades de conducción normal y eco-driving a una velocidad media, controlada entre los 60 y 80 km/h, sí se logra reducir estas emisiones aplicando modalidad eco-driving. Esto es debido a que las emisiones  $\text{NO}_x$  se generan por muy elevadas temperaturas en gases de escape, y al mantener una velocidad media durante las pruebas, se consigue una generación de emisiones lineal, con temperaturas dentro de los cilindros mucho más estables en comparación con las altas variaciones en conducción de modalidad normal.

### Conclusiones

La investigación realizada al inicio del presente trabajo reveló que existe una gran posibilidad de que el protocolo que sigue la modalidad de manejo eco-driving sea muy efectivo bajo las condiciones climáticas y geográficas que presenta la ciudad de Quito, debido a que se encontraron estudios previos que evaluaron esta modalidad bajo las mismas condiciones y sus resultados fueron muy efectivos.

Respecto al consumo de combustible, las pruebas realizadas sobre dinamómetro de chasis arrojaron resultados muy alentadores. El promedio de consumo para los 3 vehículos bajo modalidad normal fue de 0.118 Lt/km, mientras que el consumo promedio bajo modalidad eco-driving fue de 0.089 Lt/km. Esta diferencia representa un ahorro de combustible del 24.38% empleando modalidad de manejo eco-driving.

Por otra parte, durante las pruebas en ruta, el consumo de combustible en modalidad normal fue de 0.146 Lt/km, mientras que para modalidad eco-driving resultó un consumo de 0.128 Lt/km. De esta forma, se puede concluir que adoptando modalidad eco-driving en la ciudad de Quito, empleando vehículos como los evaluados durante este trabajo, es posible generar un ahorro en ruta del 12.56% en comparación a una modalidad de manejo convencional.

Las pruebas efectuadas a los factores de emisión contaminantes que se realizaron sobre dinamómetro de chasis mostraron que, para vehículos de altas cilindradas, no hay una relación entre la modalidad de manejo eco-driving y la reducción de emisiones. Sin embargo, para vehículos de menores cilindradas (2.4 Lt y 2.0 Lt) sí se mostró una pequeña reducción en la generación de emisiones adoptando modalidad eco-driving.

En conclusión, al haber evaluado todas las pruebas realizadas a los vehículos durante este trabajo, se concluye que la modalidad de manejo eco-driving genera un considerable ahorro de

combustible para vehículos con características similares a los evaluados, y respecto a emisiones contaminantes, esta modalidad podría reducirlas en pequeñas cantidades para ciertos vehículos caracterizados por tener cilindradas bajas, menores a 2.4 Lt, y que sean modernos.

Finalmente, se puede mencionar que la hipótesis planteada en un inicio para este trabajo fue parcialmente acertada. El aspecto que no se cumplió del todo fue únicamente que no en todos los casos se generó una reducción de emisiones contaminantes. Por otra parte, el objetivo general del estudio se cumplió, pues se consiguió identificar el comportamiento de la modalidad eco-driving para vehículos de gama media de tipo SUV y Camioneta en las condiciones climáticas y geográficas que presenta la ciudad de Quito.

### **Recomendaciones**

1. Previo a realizar las pruebas sobre un dinamómetro de chasis, es muy importante asegurarse de que el vehículo se encuentre bien anclado con las correas de seguridad. De otra forma, durante la prueba, éste puede liberarse y producir fuertes accidentes.
2. Se recomienda ampliar el alcance de este mismo estudio, es decir, realizar las mismas pruebas variando los modelos de vehículos o ubicación geográfica para determinar el impacto que pueda generar la conducción eco-driving en todos los ambientes posibles.
3. Para un futuro estudio acerca del eco-driving en la ciudad de Quito, es recomendable evaluar su desempeño en otros tipos de rutas o tramos, ya sea en autopistas a las afueras de la ciudad o en vías difíciles de transitar por muchas imperfecciones.
4. Durante la conducción, se recomienda adoptar una metodología de manejo lo más cercana al protocolo presentado en este trabajo para eco-driving. De este modo se puede reducir el consumo de combustible en los hogares del Ecuador y mejorar su economía, añadiendo que el trato al vehículo y su motor sería mucho mejor optimizando su vida útil.

### Bibliografía

- ABC Motor. (2018). *Qué son el CO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub> que emiten los coches de combustión*.  
[https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-y-emiten-coches-combustion-201811131413\\_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F](https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-y-emiten-coches-combustion-201811131413_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F)
- Amaya, M. (2020, November). *Qué es el método cuantitativo, características y diferencia con el cualitativo*. 1. <https://tendencias.com/life/que-es-el-metodo-cuantitativo/>
- Andrade, H., Arteaga, C., & Segura, M. (2016). Emisión de gases de efecto invernadero por uso de combustibles fósiles en Ibagué, Tolima (Colombia). *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria, Mosquera (Colombia)*, 10.  
[https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num1\\_art:561](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18_num1_art:561)
- Aneta. (2018). *En Quito, los vehículos son los que más contaminan el aire*. 1.  
<https://www.aneta.org.ec/en-quito-los-vehiculos-son-los-que-mas-contaminan-el-aire/>
- Bus Ecuador. (2017). *¿QUÉ ES EL CCICEV?* <http://www.busecuador.com/noticias/que-es-el-ccicev>
- CCICEV. (2020). *Pruebas para determinar el Consumo de Combustible en vehículos*.
- CNet. (2021). *Garmin GPSMAP 76Cx - Especificaciones del navegador GPS - CNET*.  
<https://www.cnet.com/products/garmin-gpsmap-76cx-gps-receiver/>
- Colcha, D. (2019). *CARACTERIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE (ECO-DRIVING) EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES CONTAMINANTES DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA CON INYECCIÓN INDIRECTA A 2800 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR*. Universidad Internacional SEK.
- Elizabeth, L., Huerta, O., & Parra, R. (2014). *Cálculo de factores de emisión vehicular para la*

*zona urbana de Quito en base al análisis de los registros de la Revisión Técnica Vehicular del año 2012 y monitoreo en ruta de campo.* [Universidad San Francisco de Quito].

<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4181/1/112775.pdf>

EPA. (2016). *FACTORES DE EMISIÓN*. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/gestion-ambiental/seguimiento-y-monitoreo/protocolo-monitoreo-calidad-del-aire-en-la-ciudad-de-cartagena/factores-de-emision/>

EPMAPS. (2018). *Terminos de referencia para contratar el servicio de abastecimiento de combustible tipo gasilina extra y super para el parque automotor de la EPMAPS.*

Fajardo, G., & Rodriguez, C. (2018). *APLICACIÓN DEL SOFTWARE IVE PARA LA ESTIMACIÓN INDIRECTA DE EMISIONES CONTAMINANTES DED FUENTES MÓVILES CON MOTOR DE CICLO OTTO Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON MEDICIÓN DIRECTA EN RUTA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO* [ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL].

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19759/1/CD-9166.pdf>

García, A. (2016). *Eco-driving, ese gran desconocido (I)*. <https://ecomovilidad.net/global/eco-driving-ese-gran-desconocido-i/>

Haworth, N. (2001). *The relationship between fuel economy and safety outcomes.*

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *Norma técnica Ecuatoriana.*

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2205-2.pdf>

Leguisamo, J., Llanes, E., Celi, S., & Rocha, J. (2020). Evaluación de la conducción eficiente en un motor de encendido provocado, a 2810 msnm. *Informacion Tecnologica*, 31, 10.

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v31n1/0718-0764-infotec-31-01-227.pdf>

Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J. C., Peralta Zurita, D. B., & Leguísamo Milla, J. C.

- (2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 149–158.  
<https://doi.org/10.29019/ENFOQUEUTE.V9N2.201>
- López, J. (2013). *Evaluación del consumo de combustible de vehículos livianos en el Distrito Metropolitano de Quito*. [ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL].  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8064/4/CD-5190.pdf>
- Machado, J. (2019). *El aire de Quito supera los límites permitidos de contaminación*.  
<https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/aire-quito-contaminacion-salud/>
- MAHA. (2019). *MGT 5/MDO2-LON*. [www.maha.de](http://www.maha.de)
- Mensing, F., Bideaux, E., Trigui, R., Ribet, J., & Jeanneret, B. (2014). Eco-driving: An economic or ecologic driving style? *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 38, 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2013.10.013>
- Moncayo, M. V. R., Núñez, M. A. C., Hernández, O. H. Á., & Pinta, S. V. (2018). Emisión de dióxido de carbono de vehículos automotores en la ciudad de Loja, Ecuador. *CEDAMAZ*, 8(1), 23–29. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/567>
- Muñoz, J., & Rivas, L. (2018). *Ciclo de conducción, Consumo de combustible, OBD, Vehículos livianos* [UNIVERSIDAD DEL AZUAY].  
<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7912/1/13652.pdf>
- Nunige, O. (2018). Evaluación y comparación de métodos de medición de consumo de combustible para laboratorio y ruta en un vehículo liviano. *Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira*, 35.
- Olmo, C. (2019, January 6). *Estos son todos los gases contaminantes que emite tu coche*. Clicacoches. <https://www.clicacoches.com/gases-contaminantes-emisiones-coche/>

Primicias. (2021). *Estos son los nuevos precios de la gasolina y el diésel en Ecuador.*

<https://www.primicias.ec/noticias/economia/nuevos-precios-gasolinas-ecuador/>

Qian, G. (2013). *MICROSCOPIC SIMULATION STUDY OF ECO-DRIVING PERFORMANCE*

*AT URBAN INTERSECTIONS.* <https://www.wctrs-society.com/wp-content/uploads/abstracts/rio/selected/2994.pdf>

Remache, Á., Leguisamo, J., Antamba, J., & Azanza, V. (2021). *Conducción ecológica:*

*Evaluación de los parámetros operacionales del Motor de Encendido Provocado (MEP) en una ruta mixta de la ciudad de Quito. 7.*

<https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/552/490>

Sergio. (2011). *Inventarios de Emisiones, ¿Como se hacen? Primera clase de prueba.*

<http://sergioibarra.blogspot.com/2011/11/inventarios-de-emisiones-como-se-hacen.html>

Tipanluisa, L. E., Remache, A. P., Ayabaca, C. R., & Reina, S. W. (2017). Emisiones

Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades. *Informacion Tecnologica*, 28(1), 3–12. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100002>

Toyota. (2021). *Qué es el NOX y cómo evitarlos.* [https://www.toyota.es/world-of-](https://www.toyota.es/world-of-toyota/contaminacion-diesel/que-es-nox-como-afecta-reducirlo-toyota)

[toyota/contaminacion-diesel/que-es-nox-como-afecta-reducirlo-toyota](https://www.toyota.es/world-of-toyota/contaminacion-diesel/que-es-nox-como-afecta-reducirlo-toyota)

Vintimilla, P. (2015). *ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE EMISIONES DE*

*GASES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓBILES A PARTIR DE LA*

*IMPLEMENTACIÓN DE LA REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR EN EL CANTÓN*

*CUENCA* [Universidad Politécnica Salesiana].

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7647/1/UPS-CT004530.pdf>

Yerovi, E. (2019). *Emisiones contaminantes a efecto del uso del diésel y aditivos en motores de*

*inyección bajo ciclos en dinamómetro* [Universidad Internacional SEK].

[https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3485/2/Proyecto de Tesis.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3485/2/Proyecto%20de%20Tesis.pdf)

**Anexos**

**Anexo A: Imágenes del procedimiento**

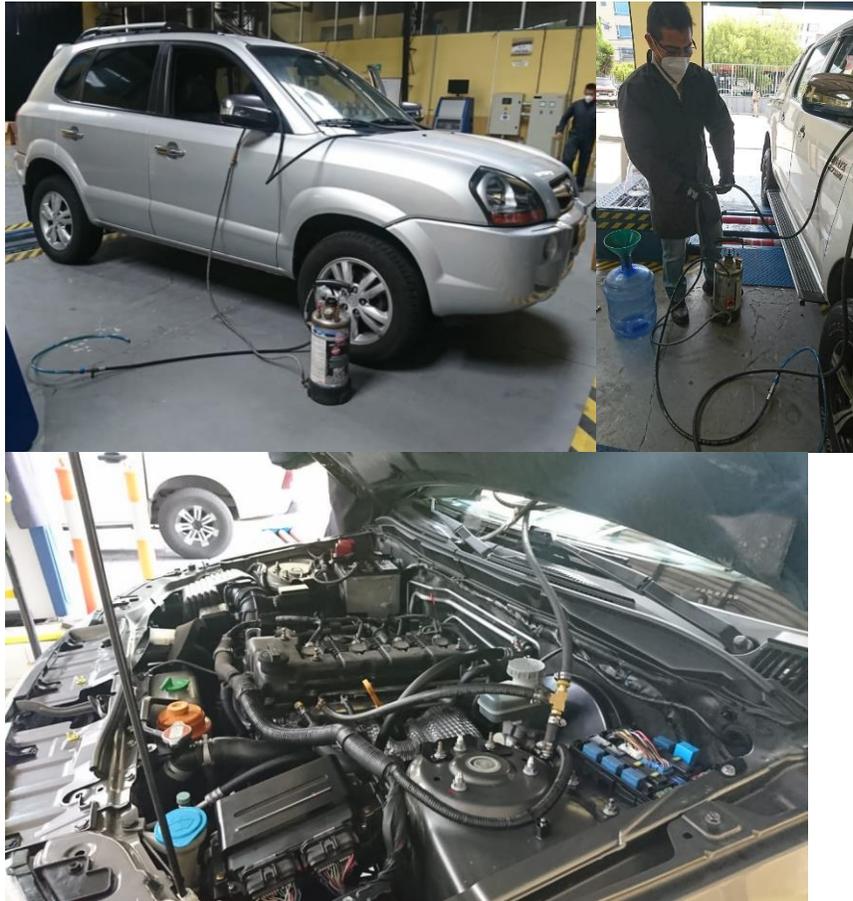
**Pruebas en dinamómetro de chasis.**



**Sujeción del vehículo en bases del dinamómetro**



**Conexión del equipo para medición del consumo de combustible Liqui Moly**



**Conexión de la sonda del analizador de gases**





Factores de emisión mediante ciclos simulados en dinamómetro de chasis – ciclo japonés



Inicio de prueba en ruta sector cumbaya



**Toma de coordenadas y altura en tiempo real pruebas en ruta**



**Toma de temperatura y humedad en pruebas de ruta**



**Medición del combustible consumido**



Vaciado del equipo para medición del consumo de combustible Liqui Moly



## Anexo B: Informes para Toyota Hilux - CCICEV



Quito, 24 de marzo de 2021  
CCICEV-CER-TESIS21 - 003

**CERTIFICADO**

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares – CCICEV, mediante solicitud de ensayos SPE-040 presentada por parte de la Universidad Internacional SEK, certifica que el vehículo detallado a continuación fue evaluado en los ensayos de:

- DETERMINACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN MEDIANTE CICLOS SIMULADOS EN DINAMÓMETRO DE CHASIS - CICLO JAPONÉS 10-15 (Modo de conducción normal y Ecodriving).
- CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN RUTA (Modo de conducción normal y Ecodriving).

El combustible fue proporcionado por el solicitante.

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	TOYOTA	VIN Chasis / Placa:	MR0EX12G092318678 / PBL3558
Modelo:	ETT HILUX 4X2 CD	Versión	N/A
Fabricante	N/D	Kilometraje:	170224
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	2TR6708422
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada (cm3)	2700
Máxima Potencia (kw/rpm)	121,5 KW @ 5200 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	245 Nm @ 3800 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2009
Tonelaje (t)	0,75	País de origen	TAILANDIA
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES			
Tipo	MANUAL	Nro. Relaciones	5 + REVERSA
Relación final de Transmisión	N/D	Neumáticos (dimensiones)	215/60 R16

Fecha de ejecución del ensayo: 19 de enero de 2021.

Los informes técnicos de resultados de evaluación de los ensayos han sido remitidos al solicitante, pudiendo este utilizarlos dentro de su investigación.

El CCICEV no se hace responsable por el mal uso de la documentación entregada y que motivo de esto ocasiona repercusiones en el ámbito en que se dé uso.

Es todo cuanto se puede indicar en honor a la verdad.

Atentamente,

Ing. Diego Lincango

RESPONSABLE TÉCNICO DE LA UNIDAD DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
CCICEV



**CCICEV**

Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LABORATORIO**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-CCL	Revisión 3	N°	CCICEV-04-00-03-2021-CCL - 040 - P1
	Página 1 / 1	FECHA:	19 de enero de 2021

TÉCNICOS RESPONSABLES: Fabián Iza

---

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN	
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4, rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>	

\*RTV: Revisión Técnica Vehicular \*\* Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

---

**DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO**

Marca	TOYOTA	VIN Chasis / Placa:	MR0EX12G092316678 / PBL3558
Modelo	ETT HILUX 4X2 CD	Versión	N/A
Fabricante	N/D	Kilometraje:	169650

---

**MOTOR (Datos del fabricante)\*\***

Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	2TR6708422
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2700
Máxima Potencia (kw/rpm)	121,5 KW @ 5200 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	245 Nm @ 3800 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2009
Tonelaje (t)	0,75	País de origen	TAILANDIA

---

**TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES**

Tipo	MANUAL	Nro. Relaciones	5 + REVERSA
Relación final de Transmisión	N/D	Neumáticos (dimensiones)	215/60 R16

\*\*Opcional en RTV

---

Hora de Inicio	11 h 54 min	Hora final	16 h 12 min
Temperatura ambiente °C	25,2	Humedad Relativa (%)	32,8

**RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA**

TRAMOS	CICLO	INICIO [L/E]	FINAL [L/E]	DISTANCIA [KM]
1	RUTA ESTABLECIDA. Conducción normal con tráfico moderado.	5	2,38	16,98
2	RUTA ESTABLECIDA. Conducción normal con tráfico medio.	5	2,62	16,98
3	RUTA ESTABLECIDA. Conducción normal con tráfico alto.	5	2,2	16,98

Rendimiento Tramo 1 [km/gal]	24,53	Rendimiento total [km/gal] <b>24,83</b>
Rendimiento Tramo 2 [km/gal]	27,01	
Rendimiento Tramo 3 [km/gal]	22,98	

**OBSERVACIONES:** Ruta establecida: Inicia en Redondel de Cumbaya - Av. Oswaldo Guayasamin. (Universidad San Francisco), Av. Simón Bolívar, Av. De los Granados, Av. Río Coca, Av. De los Shyris, Av. 6 De Diciembre, Diego de Almagro, Av. Francisco de Orellana, Av. La Coruña, culmina en Plaza Artigas - Av. 12 de Octubre. El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para pruebas de consumo de combustible en laboratorio / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

CCICEV		CCICEV		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares	
<b>REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN</b>					
CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE		Revisión 3	Nº	CCICEV-04-00-03-2021-EFE - 040 - P1	
		Página 1 / 2	FECHA:	19 de enero de 2021	
TÉCNICOS RESPONSABLES		Fabían Iza			
<b>OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN</b>		<b>TIPO DE EVALUACIÓN</b>			
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>		Evaluación Regular <input type="checkbox"/>		Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input type="checkbox"/>		Evaluación RTV*4 <sub>u</sub> rev <input type="checkbox"/>		Evaluación Tests <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="1"/>		Otros <input type="checkbox"/>			
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV					
<b>DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO</b>					
Marca	TOYOTA	VIN Chasis / Placa:	MR0EX12G092316578 / PBL3558		
Modelo:	ETT HILUX 4X2 CD	Versión	N/A		
Fabricante	N/D	Kilometraje:	170224		
<b>MOTOR (Datos del fabricante)**</b>					
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D		
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	2TR6708422		
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm <sup>3</sup> ]	2700		
Máxima Potencia (kw/rpm)	121,5 KW @ 5200 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	245 Nm @ 3800 RPM		
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO		
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA		
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2009		
Tonelaje (t)	0,75	País de origen	TAILANDIA		
<b>TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES</b>					
Tipo	MANUAL	Nº. Relaciones	5 + REVERSA		
Relación final de Transmisión	N/D	Neumáticos (dimensiones)	215/60 R16		
**Opcional en RTV					
Hora de inicio		10 h 00	Hora final		12 h 30 min
Temperatura ambiente °C		21,6	Humedad Relativa (%)		48,1
Presión Atmosférica (hPa)		732			
Prueba en ruta o laboratorio		PRUEBA EN LABORATORIO			
<b>RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES</b>					
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,26	0,16	0,14	-	-
CO2 [%v]	14,39	14,57	14,57	-	-
HC [ppm]	30	21	19	-	-
O2 [%v]	0,47	0,23	0,18	-	-
NOx [ppm]	39	42	50	-	-
<b>OBSERVACIONES:</b> El combustible fue proporcionado por el solicitante					
Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba					
Firma Responsables:		Firma Responsable de Unidad:			
 Nombre: Fabían Iza		 Nombre: Ing. Diego Lincango			
Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado					



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 3	N°	CCICEV-04-00-03-2021-EFE - 040 - P1	
	Página 2 / 2	FECHA:	19 de enero de 2021	

DATOS DEL CICLO UTILIZADO					
CICLO DE PRUEBA			CICLO JAPONÉS 10-15, CONDUCCIÓN NORMAL		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			4,165		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			4165		
Consumo en litros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
	0,53	0,49	0,48	-	-

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/l)	7,858	8,500	8,077	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	29,705	32,130	32,799	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,260	0,160	0,140	-	-
CO2 [%v]	14,390	14,570	14,570	-	-
HC [%v]	0,003	0,002	0,002	-	-
O2 [%v]	0,470	0,230	0,180	-	-
NOx [%v]	0,004	0,004	0,005	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO <sub>2</sub>					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,018	0,011	0,010	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,000	0,000	0,000	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m <sup>3</sup> )			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	3,299	1,867	1,603	-	-
FHC (g/Km)	0,067	0,037	0,033	-	-
FNOX (g/Km)	0,053	0,053	0,051	-	-

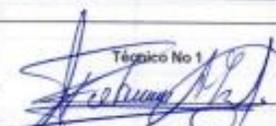
  

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	2,257
FHC (g/Km)	0,042
FNOX (g/Km)	0,056

**OBSERVACIONES:** El combustible fue proporcionado por el solicitante  
Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

<p>Firma </p> <p style="text-align: center;">Técnico No 1</p> <p>Nombres: Fabián Iza</p>	<p style="text-align: center;">Técnico No 2</p>	<p>Firma Responsable de </p> <p style="text-align: center;">Nombre : Ing. Diego Lincango</p>
---	---	---

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LABORATORIO**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-CCL	Revisión 3	N°	CCICEV-04-00-03-2021-CCL - 040 - P2
	Página 1 / 1	FECHA:	19 de enero de 2021

TÉCNICOS RESPONSABLES: Fabián Iza

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN	
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 <sub>rev</sub> <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>
No. Visita <input type="text" value="2"/>	Otros <input type="checkbox"/>	

\*RTV: Revisión Técnica Vehicular \*\* Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	TOYOTA	VIN Chasis / Placa:	MR0EX12G092316676 / PBL3558
Modelo	ETT HILUX 4X2 CD	Versión	N/A
Fabricante	N/D	Kilometraje:	170155

MOTOR (Datos del fabricante)**			
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	2TR6700422
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2700
Máxima Potencia (kw/rpm)	121,5 kW @ 5200 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	245 Nm @ 3800 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2009
Tonelaje (t)	0,75	País de origen	TAILANDIA

TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES			
Tipo	MANUAL	Nro. Relaciones	5 + REVERSA
Relación final de Transmisión	N/D	Neumáticos (dimensiones)	215/60 R16

\*\*Opcional en RTV

Hora de inicio	10 h 43 min	Hora final	14 h 42 min
Temperatura ambiente °C	20,6	Humedad Relativa (%)	62

RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA				
TRAMOS	CICLO	INICIO (L/E)	FINAL (L/E)	DISTANCIA (km)
1	RUTA ESTABLECIDA. Conducción Ecodriving con tráfico moderado	5	2,84	16,98
2	RUTA ESTABLECIDA. Conducción Ecodriving con tráfico moderado.	5	2,86	16,98
3	RUTA ESTABLECIDA. Conducción Ecodriving con tráfico alto	5	2,79	16,98

Rendimiento Tramo 1 [km/gal]	29,76	Rendimiento total [km/gal] <b>29,63</b>
Rendimiento Tramo 2 [km/gal]	30,04	
Rendimiento Tramo 3 [km/gal]	29,08	

**OBSERVACIONES:** Ruta establecida: Inicia en Redondel de Cumbaya - Av. Oswaldo Guayasamin. (Universidad San Francisco), Av. Simón Bolívar, Av. De los Granados, Av. Río Coca, Av. De los Shyris, Av. 6 De Diciembre, Diego de Almagro, Av. Francisco de Orellana, Av. La Coruña, culmina en Plaza Artigas - Av. 12 de Octubre. El combustible fue proporcionado por el solicitante

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para pruebas de consumo de combustible en laboratorio / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión: 3	N°:	CCICEV-04-00-03-2021-EFE - D40 - P2
	Página: 1 / 2	FECHA:	19 de enero de 2021
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza		

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN		
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 <sub>u</sub> rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="2"/>	Otros <input type="checkbox"/>		

\*RTV: Revisión Técnica Vehicular \*\* Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	TOYOTA	VIN Chasis / Placa:	MR0EX12G082316678 / PBL3558
Modelo:	ETT HILUX 4X2 CD	Versión	N/A
Fabricante	N/D	Kilometraje:	170231
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	2TR6708422
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2700
Máxima Potencia (kw/rpm)	121,5 KW @ 5200 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	245 Nm @ 3800 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA DE DOBLE CABINA
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2009
Tonelaje (t)	0,75	País de origen	TAILANDIA
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES			
Tipo	MANUAL	Nro. Relaciones	5 + REVERSA
Relación final de Transmisión	N/D	Neumáticos (dimensiones)	215/60 R16

\*\*Opcional en RTV

Hora de inicio	12 h 30 min	Hora final	15h 00 min		
Temperatura ambiente °C	20	Humedad Relativa (%)	53,1		
Presión Atmosférica (hPa)	732				
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBA EN LABORATORIO				
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,16	0,3	0,36	-	-
CO2 [%v]	14,59	14,47	14,31	-	-
HC [ppm]	18	41	56	-	-
O2 [%v]	0,17	0,2	0,35	-	-
NOx [ppm]	119	136	241	-	-

**OBSERVACIONES:** El combustible fue proporcionado por el solicitante

Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

Técnico No.1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al bien evaluado



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión: 3	N°	CCICEV-04-00-03-2021-EFE - 040 - P2
	Página: 2/2	FECHA:	19 de enero de 2021

DATOS DEL CICLO UTILIZADO					
CICLO DE PRUEBA			CICLO JAPONES 10-15, CONDUCCION ECODRIVING		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			4,163		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			4163		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,37	0,38	0,38	-	-

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO					
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/l)	11,257	10,961	11,569	-	-
Rendimiento (Km/l)	42,551	41,431	43,733	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,160	0,300	0,380	-	-
CO2 [%v]	14,590	14,470	14,310	-	-
HC [%v]	0,002	0,004	0,006	-	-
O2 [%v]	0,170	0,200	0,350	-	-
NOx [%v]	0,012	0,014	0,024	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO <sub>2</sub>					
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,011	0,021	0,027	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,001	0,001	0,002	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m <sup>3</sup> )			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	1,408	2,707	3,265	-	-
FHC (g/Km)	0,024	0,055	0,072	-	-
FNOX (g/Km)	0,112	0,133	0,222	-	-

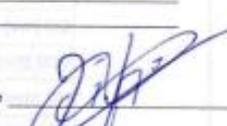
  

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	2,460
FHC (g/Km)	0,050
FNOX (g/Km)	0,156

**OBSERVACIONES:** El combustible fue proporcionado por el solicitante  
 Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

<p>Técnico No 1</p> <p>Firma: </p> <p>Nombre: Fabián Iza</p>	<p>Técnico No 2</p> <p>Firma Responsable de: </p> <p>Nombre: Ing. Diego Lincango</p>
---	---

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

## Anexo C: Informes para Grand Vitara SZ - CCICEV



Quito, 24 de marzo de 2021  
CCICEV-CER-TESIS20 - 007

**CERTIFICADO**

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares – CCICEV, mediante solicitud de ensayos SPE-089 presentada por parte de la Universidad Internacional SEK, certifica que el vehículo detallado a continuación fue evaluado en los ensayos de:

- DETERMINACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN MEDIANTE CICLOS SIMULADOS EN DINAMÓMETRO DE CHASIS - CICLO JAPONÉS 10-15 (Modo de conducción normal y Ecodriving).
- CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN RUTA (Modo de conducción normal y Ecodriving).

El combustible fue proporcionado por el solicitante.

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	SUZUKI	VIN Chasis / Placa:	8LDCB0370C0110722 / PBW8598
Modelo:	GRAND VITARA SZ 2.4L 5P TA 4X2	Kilometraje:	62222
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	J24B1134922
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	NA
Máxima Potencia (kW/min)	121,55 KW @ 6000 RPM	Máximo Torque (N.m/min)	225 N.m @ 4500 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	2400	Transmisión (manual/automática)	AUTOMÁTICA
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2012
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

Fecha de ejecución del ensayo: 22 de diciembre de 2020.

Los informes técnicos de resultados de evaluación de los ensayos han sido remitidos al solicitante, pudiendo este utilizarlos dentro de su investigación.

El CCICEV no se hace responsable por el mal uso de la documentación entregada y que motivo de esto ocasiona repercusiones en el ámbito en que se dé uso.

Es todo cuanto se puede indicar en honor a la verdad.

Atentamente

Ing. Diego Lincango

RESPONSABLE TÉCNICO DE LA UNIDAD DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
CCICEV

<b>CCICEV</b>		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares		
<b>REGISTRO DE DATOS DE PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LABORATORIO</b>				
CODIGO: CCICEV-04-00-03-CCL		Revisión 2	N° CCICEV-04-00-03-2020-CCL - 069 - P1	
		Página 1 / 1	FECHA: 22 de diciembre de 2020	
TÉCNICOS RESPONSABLES		Fabián Iza	Diego Lincango	
<b>OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN</b>		<b>TIPO DE EVALUACIÓN</b>		
Evaluación Inicial	<input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular	<input type="checkbox"/>	
Reevaluación	<input type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 <sub>o</sub> rev	<input type="checkbox"/>	
No. Visita	1	Otros	<input type="checkbox"/>	
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV				
<b>DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO</b>				
Marca	SUZUKI	VIN Chasis / Placa:	8LDCB0370C0110722 / PBW6596	
Modelo:	GRAND VITARA SZ 2.4L 5P TA 4X2	Kilometraje:	62129	
<b>MOTOR (Datos del fabricante)**</b>				
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	J24B1134922	
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A	
Máxima Potencia (kw/rpm)	121,55 KW @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	225 N.m @ 4500 RPM	
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO	
Cilindrada [cm3]	2400	Transmisión (manual/automatica)	AUTOMÁTICA	
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO	
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2012	
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR	
**Opcional en RTV				
Hora de inicio	10 h 00	Hora final	14 h 30min	
Temperatura ambiente °C	30,5	Humedad Relativa (%)	30,7	
<b>RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA</b>				
TRAMOS	CICLO	INICIO [L/g]	FINAL [L/g]	DISTANCIA [km]
1	RUTA ESTABLECIDA. Conducción normal con tráfico alto	5	2,38	16,9
2	RUTA ESTABLECIDA. Conducción normal con tráfico medio	5	2,41	16,9
3	RUTA ESTABLECIDA. Conducción normal con tráfico bajo	5	2,53	16,9
Rendimiento Tramo 1 [km/gal]		24,42	Rendimiento total [km/gal]	
Rendimiento Tramo 2 [km/gal]		24,70	25,01	
Rendimiento Tramo 3 [km/gal]		25,00		
<b>OBSERVACIONES:</b> Ruta establecida: Inicia en Redondel de Cumbaya - Av. Oswaldo Guayasamin. (Universidad San Francisco), Av. Simón Bolívar, Av De los Granados, Av Río Coca, Av. De los Shyris, Av. 6 De Diciembre, Diego de Almagro, Av Francisco de Orellana, Av. La Coruña, quimina en Plaza Artigas - Av. 12 de Octubre. El combustible fue proporcionado por el solicitante				
Firma Responsables:		Técnico No 1	Técnico No 2	Firma Responsable de Unidad:
Nombres:		Fabián Iza	Diego Lincango	Nombre : Ing. Diego Lincango



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 2	N°	CCICEV-04-00-03-2020-EFE - 089 - P1
	Página 1 / 2	FECHA:	22 de diciembre de 2020

TÉCNICOS RESPONSABLES: Fabián Iza

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 <sub>re</sub> <input type="checkbox"/>
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>
	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>
	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>

\*RTV: Revisión Técnica Vehicular \*\* Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

**DATOS GENERALES DEL VEHICULO**

Marca	SUZUKI	VIN Chasis / Placa:	BLDCB0370C0110722 / PBW6596
Modelo:	GRAND VITARA SZ 2.4L 5P TA 4X2	Kilometraje:	62208

**MOTOR (Datos del fabricante)\*\***

Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	J2481134922
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	121,55 KW @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	225 N m @ 4500 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	2400	Transmisión (manual/automática)	AUTOMÁTICA
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2012
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

\*\*Opcional en RTV

Hora de inicio	09 h 00	Hora final	10 h 30 min
Temperatura ambiente °C	16,2	Humedad Relativa (%)	67,2
Presión Atmosférica (hPa)	732		
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBA EN LABORATORIO		

**RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES**

Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,08	0,07	0,17	-	-
CO2 [%v]	14,08	13,98	13,97	-	-
HC [ppm]	5	6	19	-	-
O2 [%v]	0,33	0,49	0,42	-	-
NOx [ppm]	73	394	78	-	-

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 2	N°	CCICEV-04-00-03-2020-EFE - 080	- P1
	Página 2/2	FECHA:	22 de diciembre de 2020	

**DATOS DEL CICLO UTILIZADO**

CICLO DE PRUEBA	CICLO JAPONES 10-15 - CONDUCCIÓN NORMAL
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	4,165
DISTANCIA RECORRIDA (m)	4165
Consumo en litros	
Medición 1	Medición 2
Medición 3	Medición 4
Medición 5	Medición 5
0,51	0,5
0,5	-
-	-

**CÁLCULO DEL RENDIMIENTO**

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/l)	8,167	8,330	8,330	-	-
Rendimiento (Km/Gal)	30,870	31,487	31,487	-	-

**EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE**

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,080	0,070	0,170	-	-
CO2 [%v]	14,080	13,080	13,870	-	-
HC [%v]	0,001	0,001	0,002	-	-
O2 [%v]	0,330	0,490	0,420	-	-
NOx [%v]	0,007	0,036	0,006	-	-

**R EN FUNCIÓN DE CO<sub>2</sub>**

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
R <sub>CO</sub>	0,006	0,005	0,012	-	-
R <sub>HC</sub>	0,000	0,000	0,000	-	-
R <sub>NOX</sub>	0,001	0,003	0,001	-	-

**FACTORES DE EMISIÓN**

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m <sup>3</sup> )			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	1,011	0,874	2,109	-	-
FHC (g/Km)	0,009	0,011	0,035	-	-
FNOX (g/Km)	0,099	0,527	0,104	-	-

**PROMEDIO FACTORES DE EMISIÓN**

FCO (g/Km)	1,332
FHC (g/Km)	0,019
FNOX (g/Km)	0,243

**OBSERVACIONES:** El combustible fue proporcionado por el solicitante  
 Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

Técnico No 1 Firma  Nombres: Fabián Iza	Técnico No 2	Firma Responsable de  Nombre: Ing. Diego Lincango
--	--------------	---

Comiso de registro primario para motor de factor de emisión / Los resultados aplican únicamente al bien evaluado

<b>CCICEV</b>		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares		
<b>REGISTRO DE DATOS DE PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LABORATORIO</b>				
CODIGO: CCICEV-04-00-03-CCL	Revisión 2	N°	CCICEV-04-00-03-2020-CCL - 089 - P2	
	Página 1 / 1	FECHA:	22 de diciembre de 2020	
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza			
<b>OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN</b>	<b>TIPO DE EVALUACIÓN</b>			
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>		
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV* <sub>4</sub> rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>		
No. Visita <input type="text" value="2"/>	Otros <input type="checkbox"/>			
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV				
<b>DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO</b>				
Marca	SUZUKI	VIN Chasis / Placa:	BLDCB0370C0110722 / PBW6596	
Modelo:	GRAND VITARA SZ 2.4L 5P TA 4X2	Kilometraje:	62246	
<b>MOTOR (Datos del fabricante)**</b>				
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	J24B1134922	
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A	
Máxima Potencia (kw/rpm)	121,55 KW @ 8000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	225 N.m @ 4500 RPM	
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO	
Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	2400	Transmisión (manual/automatica)	AUTOMÁTICA	
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO	
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2012	
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR	
**Opcional en RTV				
Hora de inicio	10 h 11 min	Hora final	14 h 00	
Temperatura ambiente °C	28,7	Humedad Relativa (%)	30,8	
<b>RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA</b>				
TRAMOS	CICLO	INICIO [L]	FINAL [L]	DISTANCIA [km]
1	RUTA ESTABLECIDA. Conducción Ecodriving con tráfico bajo	5	2,67	17,17
2	RUTA ESTABLECIDA. Conducción Ecodriving con tráfico bajo	5	2,7	18,91
3	RUTA ESTABLECIDA. Conducción Ecodriving con tráfico medio	5	2,7	18,08
Rendimiento Tramo 1 (km/lit)		27,90	Rendimiento total (km/lit)	
Rendimiento Tramo 2 (km/lit)		27,83	27,84	
Rendimiento Tramo 3 (km/lit)		27,76		
<b>OBSERVACIONES:</b> Ruta establecida: Inicia en Redondel de Cumbaya - Av. Oswaldo Guayasamin. (Universidad San Francisco).				
Av. Simón Bolívar, Av. De los Granados, Av. Río Coca, Av. De los Shyris, Av. 6 De Diciembre, Diego de Almagro, Av. Francisco de Orellana,				
Av. La Coruña, culmina en Plaza Artigas - Av. 12 de Octubre. El combustible fue proporcionado por el solicitante				
Firma Responsables:		Técnico No 2	Firma Responsable de Unidad:	
Nombres:	Fabián Iza		Nombre : Ing. Diego Lincango	
Formato de registro primario para pruebas de consumo de combustible en laboratorio / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado				



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión: 2	N°	CCICEV-04-00-03-2020-EFE - 089 - P2
	Página: 1 / 2	FECHA:	22 de diciembre de 2020

TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza
-----------------------	------------

<b>OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN</b>	<b>TIPO DE EVALUACIÓN</b>
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/> Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/> No. Visita: <input type="text" value="2"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/> Evaluación RTV*4 <sub>1</sub> rev <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>
	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/> Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>

\*RTV: Revisión Técnica Vehicular \*\* Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	SUZUKI	VIN Chasis / Placa:	8LDCB0370C0110722 / PBW6598
Modelo:	GRAND VITARA SZ 2.4L 5P TA 4X2	Kilometraje:	62222
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	J24B1134822
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	121.55 KW @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	225 N.m @ 4500 RPM
Sistema de enfriamiento:	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	2400	Transmisión (manual/automática)	AUTOMÁTICA
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2012
Tonelaje	0,75	País de origen	ECUADOR

\*\*Opcional en RTV

Hora de inicio	11 h 00	Hora final	12 h 30 min		
Temperatura ambiente °C	19,2	Humedad Relativa (%)	51,4		
Presión Atmosférica (hPa)	732				
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBA EN LABORATORIO				
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,04	0,103	0,06	-	-
CO2 [%v]	14,15	14,09	14,13	-	-
HC [ppm]	5	13	7	-	-
O2 [%v]	0,29	0,29	0,32	-	-
NOx [ppm]	186	102	139	-	-

**OBSERVACIONES:** El combustible fue proporcionado por el solicitante

Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

\*Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 2	N°	CCICEV-04-00-03-2020-EFE - 089	P2
	Página 2 / 2	FECHA:	22 de diciembre de 2020	

DATOS DEL CICLO UTILIZADO					
CICLO DE PRUEBA	CICLO JAPONES 10-15 - CONDUCCIÓN ECODRIVING				
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	4,165				
DISTANCIA RECORRIDA (m)	4165				
Consumo en litros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
	0,42	0,4	0,4	-	-

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/lit)	9,917	10,413	10,418	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	37,485	38,359	39,359	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,040	0,103	0,080	-	-
CO2 [%v]	14,150	14,090	14,130	-	-
HC [%v]	0,001	0,001	0,001	-	-
O2 [%v]	0,290	0,290	0,320	-	-
NOx [%v]	0,017	0,010	0,014	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO <sub>2</sub>					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,003	0,007	0,004	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,001	0,001	0,001	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m <sup>3</sup> )			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	0,416	1,019	0,594	-	-
FHC (g/Km)	0,008	0,019	0,010	-	-
FNOX (g/Km)	0,185	0,108	0,147	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	0,576
FHC (g/Km)	0,012
FNOX (g/Km)	0,147

**OBSERVACIONES:** El combustible fue proporcionado por el solicitante  
Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

---

<p>Técnico No 1</p> <p>Firma: </p> <p>Nombres: Fabián Iza</p>	<p>Técnico No 2</p>	<p>Firma Responsable de: </p> <p>Nombre: Ing. Diego Lincango</p>
--	---------------------	---

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado

## Anexo D: Informes para Hyundai Tucson - CCICEV



Quito, 24 de marzo de 2021  
CCICEV-CER-TESIS21 - 002

**CERTIFICADO**

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares – CCICEV, mediante solicitud de ensayos SPE-039 presentada por parte de la Universidad Internacional SEK, certifica que el vehículo detallado a continuación fue evaluado en los ensayos de:

- DETERMINACIÓN DE FACTORES DE EMISIÓN MEDIANTE CICLOS SIMULADOS EN DINAMÓMETRO DE CHASIS - CICLO JAPONÉS 10-15 (Modo de conducción normal y Ecodriving).
- CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN RUTA (Modo de conducción normal y Ecodriving).

El combustible fue proporcionado por el solicitante.

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	HYUNDAI	VIN Chasis / Placa:	KMHJM81BAAL172871 / PBM7630
Modelo:	TUCSON	Versión	N/A
Fabricante	ND	Kilometraje:	184375
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Fabricante motor	ND	Modelo/Tipo	ND
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	G4GC9665293
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Cilindrada [cm3]	2000
Máxima Potencia [kw/rpm]	104 kW @ 6000 RPM	Máximo Torque [Nm/rpm]	184 Nm @ 4500 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2010
Tonelaje (t)	0,75	País de origen	COREA DEL SUR
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES			
Tipo	MANUAL	Nro. Relaciones	5 + REVERSA
Relación final de Transmisión	ND	Neumáticos (dimensiones)	235/60 R16

Fecha de ejecución del ensayo: 03 de marzo de 2021.

Los informes técnicos de resultados de evaluación de los ensayos han sido remitidos al solicitante, pudiendo este utilizarlos dentro de su investigación.

El CCICEV no se hace responsable por el mal uso de la documentación entregada y que motivo de esto ocasione repercusiones en el ámbito en que se dé uso.

Es todo cuanto se puede indicar en honor a la verdad.

Atentamente,

Ing. Diego Lincango

RESPONSABLE TÉCNICO DE LA UNIDAD DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
CCICEV



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 3	Nº	CCICEV-04-00-03-2021-EFE - 039 - P2
	Página 1 / 2	FECHA:	3 de marzo de 2021

TÉCNICOS RESPONSABLES: Fabián Iza

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/> Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4 <sub>revisión</sub> <input type="checkbox"/> Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>
No. Visita <input type="text" value="2"/>	Otros <input type="checkbox"/>

\*RTV: Revisión Técnica Vehicular \*\* Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

**DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO**

Marca	HYUNDAI	VIN Chasis / Placa:	KMHJM81BAAU172871 / PBM7630
Modelo:	TUCSON	Versión	N/A
Fabricante	N/D	Kilometraje:	184389

**MOTOR (Datos del fabricante)\*\***

Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	G4GC9685293
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2000
Máxima Potencia (kw/rpm)	104 kW @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	184 Nm @ 4500 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2010
Tonelaje (t)	0,75	País de origen	COREA DEL SUR

**TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES**

Tipo	MANUAL	Nro. Relaciones	5 + REVERSA
Relación final de Transmisión	N/D	Neumáticos (dimensiones)	235/60 R16

\*\*Opcional en RTV

Hora de inicio	14 h 30 min	Hora final	16 h 30 min
Temperatura ambiente °C	20	Humedad Relativa (%)	57,2
Presión Atmosférica (hPa)	732		
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBA EN LABORATORIO		

**RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES**

Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,06	0,06	0,07	-	-
CO2 [%v]	12,09	12,24	12,74	-	-
HC [ppm]	127	117	114	-	-
O2 [%v]	4,43	4,23	3,49	-	-
NOx [ppm]	444	417	508	-	-

**OBSERVACIONES:** El combustible fue proporcionado por el solicitante

Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al bien evaluado



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión: 3	N°	CCICEV-04-00-03-2021-EFE - 039 - P2
	Página: 2 / 2	FECHA:	3 de marzo de 2021

DATOS DEL CICLO UTILIZADO					
CICLO DE PRUEBA			CICLO JAPONES 10-15, CONDUCCIÓN ECODRIVING		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			4,165		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			4165		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,34	0,34	0,34	-	-

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/l)	12,250	12,250	12,250	-	-
Rendimiento (Km/g)	46,305	46,305	46,305	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,060	0,060	0,070	-	-
CO2 [%v]	12,090	12,240	12,740	-	-
HC [%v]	0,013	0,012	0,011	-	-
O2 [%v]	4,430	4,230	3,490	-	-
NOx [%v]	0,044	0,042	0,051	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO <sub>2</sub>					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,005	0,005	0,005	-	-
RHC	0,001	0,001	0,001	-	-
RNOX	0,004	0,003	0,004	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m <sup>3</sup> )			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	0,587	0,580	0,650	-	-
FHC (g/Km)	0,187	0,170	0,159	-	-
FNOX (g/Km)	0,466	0,432	0,506	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISIÓN	
FCO (g/Km)	0,606
FHC (g/Km)	0,172
FNOX (g/Km)	0,468

**OBSERVACIONES:** El combustible fue proporcionado por el solicitante  
Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

---

<p>Técnico No 1</p> <p>Firma </p> <p>Nombres: Fabián Iza</p>	<p>Técnico No 2</p> <p style="text-align: center;">0</p>	<p>Firma Responsable de </p> <p>Nombre: Ing. Diego Lincango</p>
---	--	--

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al test evaluado

<b>CCICEV</b>		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares		
<b>REGISTRO DE DATOS DE PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LABORATORIO</b>				
CODIGO: CCICEV 04 00 03-CCL	Revisión 3	Nº	CCICEV-04-00-03-2021-CCL - 039 - P1	
	Página 1 / 1	FECHA:	3 de marzo de 2021	
TÉCNICOS RESPONSABLES		Fabián Iza		
<b>OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN</b>		<b>TIPO DE EVALUACIÓN</b>		
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>		
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV* <sup>4</sup> , rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>		
Nº Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>			
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV				
<b>DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO</b>				
Marca	HYUNDAI	VIN Chasis / Placa:	KMPJIM51BAAU172871 / PBM783U	
Modelo:	TUCSON	Versión	N/A	
Fabricante	N/D	Kilometraje:	184223	
<b>MOTOR (Datos del fabricante)**</b>				
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D	
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	G4CC9665293	
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm <sup>3</sup> ]	2000	
Máxima Potencia (kw/rpm)	104 kW @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	184 Nm @ 4500 RPM	
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO	
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO	
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2010	
Tonelaje (t)	0,75	País de origen:	CORFIA DEL SUR	
<b>TRANSMISIÓN (CAMBIO DE VELOCIDADES)</b>				
Tipo	MANUAL	Nro. Relaciones	5 + REVERSA	
Relación final de Transmisión	N/D	Neumáticos (dimensiones)	235/60 R16	
**Opcional en RTV				
<b>RÉSULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA</b>				
Hora de inicio	08 h 38 min	Hora final	11 h 20 min	
Temperatura ambiente °C	19,3	Humedad Relativa (%)	75	
TRAMOS	CICLO	INICIO (s-t)	FINAL (s-t)	DISTANCIA (km)
1	RUTA ESTABLECIDA, Conducción normal con poco tráfico	5	2,73	16,98
2	RUTA ESTABLECIDA, Conducción normal con poco tráfico	5	2,76	16,60
3	RUTA ESTABLECIDA, Conducción normal con tráfico moderado	5	2,7	16,96
Rendimiento Tramo 1 [km/gal]		28,32	Rendimiento total [km/gal]	
Rendimiento Tramo 2 [km/gal]		28,69	28,32	
Rendimiento Tramo 3 [km/gal]		27,95		
<b>OBSERVACIONES:</b> Ruta establecida: Inicia en Retiro del Cumbayá - Av. Oswaldo Guayasamín, (Universidad San Francisco), Av. Simón Bolívar, Av. De los Granados, Av. Río Coca, Av. De los Shyris, Av. 6 De Diciembre, Diego de Almagro, Av. Francisco de Orellana, Av. La Coruña, culmina en Plaza Artigas - Av. 12 de Octubre. El combustible fue proporcionado por el solicitante				
Firma Responsables:		Técnico No 2	Firma Responsable de Unidad:	
Nombres:	Fabián Iza		Nombre :	Ing. Diego Lincango
Formulario de registro primario para pruebas de consumo de combustible en laboratorio / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado				

CCICEV		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares		
<b>REGISTRO DE DATOS DE PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LABORATORIO</b>				
CODIGO: CCICEV-04-00-03-CCL	Revisión 3	N°	CCICEV-04-00-03-2021-CCL - 039 - P2	
	Página 1 / 1	FECHA:	3 de marzo de 2021	
TÉCNICOS RESPONSABLES	Fabián Iza			
<b>OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN</b>	<b>TIPO DE EVALUACIÓN</b>			
Evaluación Inicial <input type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>		
Reevaluación <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4, rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Testis <input checked="" type="checkbox"/>		
No. Visita <input type="text" value="2"/>	Otros <input type="checkbox"/>			
*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV				
<b>DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO</b>				
Marca	HYUNDAI	VIN Chasis / Placa:	KMHJM81BAAU172871 / PBM7630	
Modelo	TUCSON	Versión	N/A	
Fabricante	N/D	Kilometraje:	184301	
<b>MOTOR (Datos del fabricante)**</b>				
Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D	
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	G4GC9685293	
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2000	
Máxima Potencia (kw/rpm)	104 kW @ 8000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	184 Nm @ 4500 RPM	
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO	
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO	
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2010	
Tonelaje (t)	0,75	País de origen	COREA DEL SUR	
<b>TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES</b>				
Tipo	MANUAL	Nro. Relaciones	5 + REVERSA	
Relación final de Transmisión	N/D	Neumáticos (dimensiones)	235/60 R16	
**Opcional en RTV				
Hora de inicio	12 h 11 min	Hora final	15 h 48 min	
Temperatura ambiente °C	24	Humedad Relativa (%)	51	
<b>RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA</b>				
TRAMOS	CICLO	INICIO [L]	FINAL [L]	DISTANCIA [KM]
1	RUTA ESTABLECIDA, Conducción Ecodriving con tráfico alto	5	2,94	16,98
2	RUTA ESTABLECIDA, Conducción Ecodriving con tráfico moderado	5	3,05	16,98
3	RUTA ESTABLECIDA, Conducción Ecodriving con tráfico moderado	5	2,97	16,98
Rendimiento Tramo 1 [km/gal]		31,29		Rendimiento total [km/gal] 31,94
Rendimiento Tramo 2 [km/gal]		32,98		
Rendimiento Tramo 3 [km/gal]		31,86		
<b>OBSERVACIONES:</b> Ruta establecida: Inicia en Redondel de Cumbaya - Av. Oswaldo Guayasamín. (Universidad San Francisco), Av. Simón Bolívar, Av. De los Granados, Av. Río Coca, Av. De los Shyris, Av. 6 De Diciembre, Diego de Almagro, Av. Francisco de Orellana, Av. La Coruña, culmina en Plaza Artigas - Av. 12 de Octubre. El combustible fue proporcionado por el solicitante				
Firma Responsables:		Técnico No 2	Firma Responsable de Unidad:	
Nombre:	Fabián Iza		Nombre: Ing. Diego Lincango	
Formato de registro primario para pruebas de consumo de combustible en laboratorio / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado				



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 3	N°	CCICEV-04-00-03-2021-EFE - 039 - P1
	Página 1 / 2	FECHA:	3 de marzo de 2021

TÉCNICOS RESPONSABLES: Fabián Iza

---

OBJETIVO DE LA EVALUACIÓN	TIPO DE EVALUACIÓN		
Evaluación Inicial <input checked="" type="checkbox"/>	Evaluación Regular <input type="checkbox"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV*4, rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>	
No. Visita <input type="text" value="1"/>	Otros <input type="checkbox"/>		

\*RTV: Revisión Técnica Vehicular \*\* Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV

---

**DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO**

Marca	HYUNDAI	VIN Chasis / Placa:	KMHJM81BAAU172871 / PBM7630
Modelo:	TUCSON	Versión	N/A
Fabricante	N/D	Kilometraje:	184375

---

**MOTOR (Datos del fabricante)\*\***

Fabricante motor	N/D	Modelo/Tipo	N/D
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	G4GC6665293
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	2000
Máxima Potencia (kw/rpm)	104 kW @ 8000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	184 Nm @ 4500 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2010
Tonelaje (t)	0,75	País de origen	COREA DEL SUR

---

**TRANSMISIÓN (CAMBIO DE VELOCIDADES)**

Tipo	MANUAL	Nro. Relaciones	5 + REVERSA
Relación final de Transmisión	N/D	Neumáticos (dimensiones)	235/60 R16

\*\*Opcional en RTV

---

Hora de inicio	12 h 00	Hora final	14 h 30 min
Temperatura ambiente °C	21,1	Humedad Relativa (%)	54
Presión Atmosférica (hPa)	732		
Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBA EN LABORATORIO		

---

**RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES**

Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,04	0,09	0,06	-	-
CO2 [%v]	12,58	12,54	12,54	-	-
HC [ppm]	52	61	73	-	-
O2 [%v]	3,67	3,59	3,73	-	-
NOx [ppm]	389	388	332	-	-

---

**OBSERVACIONES:** El combustible fue proporcionado por el solicitante

Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

---

Técnico No 1

Firma Responsables: 

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de Unidad: 

Nombre: Ing. Diego Lincango

---

Formulario de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al bien evaluado



Centro de Transferencia Tecnológica  
para la Capacitación e Investigación  
en Control de Emisiones Vehiculares

---

**REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISIÓN**

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 3	N°	CCICEV-04-00-03-2021-EFE - 039 - P1
	Página 2 / 2	FECHA:	3 de marzo de 2021

DATOS DEL CICLO UTILIZADO					
CICLO DE PRUEBA	CICLO JAPONES 10-15, CONDUCCIÓN NORMAL				
DISTANCIA RECORRIDA (Km)	4,165				
DISTANCIA RECORRIDA (m)	4165				
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,48	0,48	0,48	-	-

CÁLCULO DEL RENDIMIENTO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/l)	8,677	8,677	9,054	-	-
Rendimiento (Km/G)	32,799	32,799	34,225	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,040	0,090	0,060	-	-
CO2 [%v]	12,580	12,640	12,540	-	-
HC [%v]	0,005	0,006	0,007	-	-
O2 [%v]	3,670	3,590	3,730	-	-
NOx [%v]	0,039	0,039	0,033	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO <sub>2</sub>					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,003	0,007	0,005	-	-
RHC	0,000	0,001	0,001	-	-
RNOX	0,003	0,003	0,003	-	-

FACTORES DE EMISIÓN					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m <sup>3</sup> )			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	0,533	1,189	0,768	-	-
FHC (g/Km)	0,104	0,180	0,140	-	-
FNOX (g/Km)	0,556	0,549	0,455	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	0,830
FHC (g/Km)	0,135
FNOX (g/Km)	0,520

**OBSERVACIONES:** El combustible fue proporcionado por el solicitante  
Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

---

Firma:  Nombres: Fabián Iza	Técnico No 2	Firma Responsable de:  Nombre: Ing. Diego Lincango
---	--------------	--

Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al Veh. evaluado