



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ

“EVALUACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE ESCAPE DE MOTORES DE ENCENDIDO PROVOCADO A TRAVÉS DE CICLO ESTÁNDAR COMPARANDO DOS COTAS DE COMBUSTIBLE”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

HUGO ANDRÉS PIURE CUENCA

ANTHONY SEGUNDO GARCÍA GONZÁLEZ

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ

**“EVALUACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE ESCAPE
DE MOTORES DE ENCENDIDO PROVOCADO A TRAVÉS DE
CICLO ESTÁNDAR COMPARANDO DOS COTAS DE
COMBUSTIBLE”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: HUGO ANDRÉS PIURE CUENCA

ANTHONY SEGUNDO GARCÍA GONZÁLEZ

DIRECTOR: Ing. JUAN CARLOS ROCHA HOYOS

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Hugo Andrés Piure Cuenca; Anthony Segundo García González

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

Yo, HUGO ANDRES PIURE CUENCA y ANTHONY SEGUNDO GARCIA GONZALEZ, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 23 de noviembre de 2021



HUGO ANDRES PIURE CUENCA

CI: 0705743532



ANTHONY SEGUNDO GARCIA GONZALEZ

CI: 0704997204

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERIA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE ESCAPE DE MOTORES DE ENCENDIDO PROVOCADO A TRAVES DE CICLO ESTANDAR COMPARANDO DOS COTAS DE COMBUSTIBLE**, realizado por los señores: **HUGO ANDRES PIURE CUENCA; ANTHONY SEGUNDO GARCIA GONZALEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 JOHNNY MARCELO PANCHA RAMOS	2021-11-23
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 JUAN CARLOS ROCHA HOYOS	2021-11-23
Ing. José Francisco Pérez Fiallos MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 JOSÉ FRANCISCO PÉREZ FIALLOS	2021-11-23

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi papá Hugo que en paz descansa y a mi mamá Mery, por su sacrificio, trabajo, amor y valores que me inculcaron a lo largo de los años para poder llegar a obtener mi título profesional. A mi hermana Samantha y sobrina Amelia por acompañarme y darme fuerzas en este proceso de alcanzar una de mis metas propuestas.

Hugo

Mi tesis se la dedico con todo el esfuerzo y cariño a Dios por darme una familia maravillosa, quienes por su arduo sacrificio han logrado brindarme una carrera profesional para el sustento diario y creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre me han mostrado su apoyo incondicional, cultivando en mí bases de responsabilidad y deseos de superación para seguir en el camino del éxito.

Anthony

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios que me ha guiado por el camino correcto y llenado de bendiciones para seguir adelante con mi sueño, de igual manera a mis padres, hermana y sobrina por su fuerza incondicional y soportar largas horas de ausencia fuera de casa.

A familiares y amigos que fueron motivación, apoyo y que de una u otra forma me acompañaron en esta importante etapa de la vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo siendo mi segundo hogar de sabiduría y a los docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz por ser la base fundamental de mi intelecto en el desarrollo profesional.

Al Ing. Juan Carlo Rocha e Ing. José Francisco Pérez por su valiosa dirección, supervisión profesional y al compartir sus conocimientos en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Hugo

A la Universidad Politécnica del Chimborazo, a la Facultad de Mecánica, a la Carrera de Ingeniería Automotriz, por haber permitido ser parte de su programa de estudios y poder conseguir mi título profesional.

Al tutor Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos, Mgs y co-tutor, Ing. José Francisco Pérez Fiallos quienes me orientaron con sus conocimientos y recomendaciones, para que culmine con éxito el presente trabajo investigativo.

A mis queridos docentes de tan prestigiosa institución, quienes, con sus diferentes aportes de conocimiento y sabiduría, me han sabido guiar por tan noble carrera que tanto aprecio.

A mis padres: Segundo y Alicia, a mis hermanos: Francys y Francina que fueron mi fortaleza, apoyo permanente y de comprensión, lo que permitieron continuar con el cumplimiento de una meta alcanzada.

A mis compañeros de estudios, que de diferentes formas contribuyeron con muestras de amistad y afecto.

Anthony

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Justificación	2
1.2. Problema.....	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.4. Hipótesis.....	5
1.5. Estado del arte.....	5
1.5.1. <i>Motor de combustión interna a gasolina</i>	5
1.5.1.1. <i>Ciclo Otto</i>	6
1.5.2. <i>Sistema de inyección electrónica</i>	8
1.5.3. <i>Combustión en motores de encendido provocado (MEP)</i>	10
1.5.4. <i>Contaminación atmosférica por fuentes móviles</i>	12
1.5.4.1. <i>Efectos ambientales</i>	13
1.5.4.2. <i>Efectos a la salud</i>	14
1.5.5. <i>Análisis de concentración de contaminantes</i>	15

1.5.5.1.	<i>Pruebas dinámicas IM 240</i>	17
1.5.5.2.	<i>Factores de emisión (FE)</i>	18
1.5.5.3.	<i>Combustibles comercializados en Ecuador</i>	21
1.5.5.4.	<i>Efecto de la altura en las concentraciones de gases</i>	22
1.5.6.	<i>Normativas implementadas para el control y reducción de emisiones vehiculares</i> .	23
1.5.6.1.	<i>Nivel internacional</i>	24
1.5.6.2.	<i>Nivel nacional</i>	25

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	27
2.1.	Diseño metodológico	27
2.1.1.	<i>Tipo de investigación</i>	27
2.1.2.	<i>Estructura del método</i>	27
2.2.	Población y muestra	28
2.2.1.	<i>Población</i>	28
2.2.2.	<i>Muestra</i>	28
2.2.3.	<i>Medida de tendencia central</i>	28
2.2.4.	<i>Medida de dispersión</i>	28
2.3.	Tamaño de la muestra	29
2.3.1.	<i>Muestreo probabilístico</i>	29
2.3.1.1.	<i>Nivel de confianza</i>	29
2.3.1.2.	<i>Nivel de precisión</i>	30
2.3.1.3.	Grado de variabilidad	30
2.3.2.	<i>Determinación del parque automotor del Ecuador</i>	30
2.3.3.	<i>Estimación del tamaño de la muestra de vehículos con motores de encendido provocado (MEP) a gasolina</i>	36
2.3.4.	<i>Asignación de la muestra de vehículos</i>	37

2.4.	Niveles y determinación de emisiones.....	38
2.4.1.	<i>Normas de emisiones</i>	38
2.4.1.1.	<i>Norma EPA</i>	39
2.4.1.2.	<i>Norma Euro</i>	40
2.4.1.3.	<i>Norma INEN 2204:2002</i>	41
2.4.2.	<i>Factores de emisión</i>	42
2.4.2.1.	<i>Modelo de combustión simplificado</i>	43
2.5.	Medición de emisiones contaminates.....	46
2.5.1.	<i>Método dinámico IM 240</i>	47
2.5.1.1.	<i>Relación del ciclo IM 240 con pruebas I/M</i>	47
2.5.1.2.	<i>Equipamiento</i>	48
2.5.1.3.	<i>Procedimiento</i>	52
2.5.2.	<i>Procesos del ensayo dinámico</i>	54
2.5.2.1.	<i>Inspección visual del vehículo</i>	54
2.5.2.2.	<i>Mantenimiento de sistemas del motor</i>	54
2.5.2.3.	<i>Acondicionamiento del vehículo</i>	55
2.5.2.4.	<i>Adición de combustibles</i>	55
2.6.	Medición de consumo de combustible	56
2.6.1.	<i>Equipamiento</i>	56
2.6.2.	<i>Procedimiento</i>	59
2.7.	Análisis de variables.....	62

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
3.1.	Resultados de emisiones contaminantes en concentraciones volumétricas.....	64
3.1.1.	<i>Vehículo Mazda BT-50 año 2012</i>	65
3.1.1.1.	<i>Monóxido de carbono (CO) de gasolina Ecopais y Extra</i>	65

3.1.1.2.	<i>Dióxido de carbono (CO₂) de gasolina Ecopais y Extra</i>	67
3.1.1.3.	<i>Hidrocarburos (HC) de gasolina Ecopais y Extra</i>	68
3.1.1.4.	<i>Oxígeno (O₂) de gasolina Ecopais y Extra</i>	70
3.1.1.5.	<i>Óxidos de nitrógeno (NO_x) de gasolina Ecopais y Extra</i>	71
3.1.1.6.	<i>Valor de lambda (λ) de gasolina Ecopais y Extra</i>	73
3.1.2.	<i>Vehículo Suzuki S-Cross 2018</i>	74
3.1.2.1.	<i>Monóxido de carbono (CO) de gasolina Ecopais y Extra</i>	75
3.1.2.2.	<i>Dióxido de carbono (CO₂) de gasolina Ecopais y Extra</i>	76
3.1.2.3.	<i>Hidrocarburos (HC) de gasolina Ecopais y Extra</i>	78
3.1.2.4.	<i>Oxígeno (O₂) de gasolina Ecopais y Extra</i>	79
3.1.2.5.	<i>Óxidos de nitrógeno (NO_x) de gasolina Ecopais y Extra</i>	81
3.1.2.6.	<i>Valor de lambda (λ) de gasolina Ecopais y Extra</i>	82
3.2.	Resultados del consumo de combustible	84
3.3.	Resultados de factores de emisión	84
3.3.1.	<i>Vehículo Mazda BT-50 año 2012</i>	85
3.3.2.	<i>Vehículo Suzuki S-Cross año 2018</i>	85
3.4.	Discusión de resultados	85
3.4.1.	<i>Consumo de combustible</i>	86
3.4.2.	<i>Monóxido de carbono (FCO)</i>	88
3.4.3.	<i>Hidrocarburos (FHC)</i>	90
3.4.4.	<i>Óxidos de nitrógeno (FNO_x)</i>	93
	CONCLUSIONES	96
	RECOMENDACIONES	98
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Casos de cáncer del sistema respiratorio asociado al tráfico vehicular	15
Tabla 2-1:	Resultados entre NSGA-II y operación real	16
Tabla 3-1:	Relación de emisiones entre la ciudad y el instituto universitario.....	17
Tabla 4-1:	Relación de emisiones en Bogotá 2012 -2014.....	20
Tabla 5-1:	Ensayo de diversos rangos sobre factores de emisión (Método: 95.0 porcentaje LSD).....	22
Tabla 6-1:	Mejoramiento de rendimientos en la gasolina.....	23
Tabla 7-1:	Intervalos de gases contaminantes en automotores a gasolina	24
Tabla 8-1:	Intervalo admisible de emanación para automotores y camiones livianos.....	25
Tabla 1-2:	Valores de Z de acuerdo al nivel de confianza.....	29
Tabla 2-2:	Composición de las ventas de vehículos en Ecuador 2002-2019	31
Tabla 3-2:	Ventas anuales de vehículos por segmento en Ecuador 2002-2019	32
Tabla 4-2:	Ventas anuales de vehículos livianos y pesados en Ecuador 2002-2019	33
Tabla 5-2:	Especificaciones técnicas de vehículo Mazda BT-50 y Suzuki S-Cross	38
Tabla 6-2:	Límites permisibles para emisiones.....	39
Tabla 7-2:	Valores permisibles de la norma Euro.....	41
Tabla 8-2:	Valores de límites permitidos en pruebas de ciclos americanos y europeos	42
Tabla 9-2:	Equivalencias moleculares del combustible	44
Tabla 10-2:	Especificaciones del analizador de gases MAHA	49
Tabla 11-2:	Especificaciones del dinamómetro	50
Tabla 12-2:	Características y manejo de la prueba IM 240	53
Tabla 13-2:	Especificaciones del canister de combustible.....	57
Tabla 14-2:	Variables y designaciones	62
Tabla 15-3:	Tratamientos para el análisis de superficie de respuesta	63
Tabla 16-3:	Tratamiento para el análisis de diferencias significativas y comparación.....	63

Tabla 1-3:	Condiciones ambientales de la ciudad de Quito.....	64
Tabla 2-3:	Límites permisibles para la verificación y diagnóstico de los gases de escape...	64
Tabla 3-3:	Concentraciones de gases contaminates de Mazda BT-50.....	65
Tabla 4-3:	Concentraciones de gases contaminates de Suzuki S-Cross.....	75
Tabla 5-3:	Consumo de combustible de Mazda BT-50 y Suzuki S-Cross.....	84
Tabla 6-3:	Factores de emisión del vehículo Mazda BT-50 año 2012.....	85
Tabla 7-3:	Factores de emisión del vehículo Suzuki S-Cross año 2018.....	85
Tabla 8-3:	Análisis de diferencias significativas para el consumo de combustible.....	86
Tabla 9-3:	Análisis de diferencias significativas para el FCO.....	88
Tabla 10-3:	Análisis de diferencias significativas para el FHC.....	91
Tabla 11-3:	Análisis de diferencias significativas para el FNOx.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Motor de combustión interna	6
Figura 2-1:	Emisiones vehiculares.....	6
Figura 3-1:	Tiempos de un motor de combustión interna.....	7
Figura 4-1:	Ciclo real de funcionamiento de un MCI.....	8
Figura 5-1:	Diagrama del sistema de inyección electrónica	8
Figura 6-1:	Concentración de emisiones del sistema convencional (izquierda) y del sistema de inyección electrónica (derecho).....	10
Figura 7-1:	Prueba dinámica.....	17
Figura 1-2:	Distribución normal de nivel de confianza	29
Figura 2-2:	Vehículos de muestra Mazda BT-50 y Suzuki S-Cross	37
Figura 3-2:	Ciclo IM 240.....	48
Figura 4-2:	Equipos del ciclo de prueba IM 240	49
Figura 5-2:	Analizador de gases MAHA	49
Figura 6-2:	Dinamómetro de carga variable y con rodillos auxiliares con Mazda BT-50....	50
Figura 7-2:	Pupitre y monitor de marca MAHA para la realización del ciclo.....	51
Figura 8-2:	Colector de gases a volumen constante.....	51
Figura 9-2:	Sonda de gases de escape.....	52
Figura 10-2:	Canister de combustible.....	56
Figura 11-2:	Mangueras y acoples de conexión	57
Figura 12-2:	Erlenmeyer.....	58
Figura 13-2:	Vaso de precipitación.....	58
Figura 14-2:	Probeta	59
Figura 15-2:	Conexión del canister hacia el vehículo.....	60
Figura 16-2:	Llenando el canister con combustible.....	60
Figura 17-2:	Bombeo del canister hasta la presión indicada	60

Figura 18-2:	Bombeo del canister hasta vaciar en el Erlenmeyer.....	61
Figura 19-2:	Llenando el Erlenmeyer.....	61
Figura 20-2:	Combustible contenido en Erlenmeyer y probeta	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1:	Consumo de combustible	9
Gráfico 2-1:	Curvas de torque y potencia	10
Gráfico 3-1:	Relación de mezclas aire-combustible	11
Gráfico 4-1:	Relación sin catalizador de lambda vs. CO vs. CO ₂ en ralentí (izquierda) y a 4500 rpm (derecha).....	12
Gráfico 5-1:	Relación con catalizador de lambda vs. CO vs. CO ₂ en ralentí (izquierda) y a 4500 rpm (derecha).....	12
Gráfico 6-1:	Emisiones de CO ₂ y costo de producción de energía para vehículos eléctricos	13
Gráfico 7-1:	Concentraciones de BC frente al tiempo de exposición en Carrera Séptima (Bogotá)	14
Gráfico 8-1:	Ciclo IM 240	18
Gráfico 9-1:	Comparación de concentraciones de contaminantes	18
Gráfico 10-1:	Método de determinación de factores de emisión en fuentes móviles	19
Gráfico 11-1:	Relación de factores CO, NO _x y COVNM entre el inventario actual y el antiguo	21
Gráfico 12-1:	Porcentaje de gases de escape con gasolina extra y combustible de etanol	23
Gráfico 13-1:	Resultados de pruebas dinámicas con gasolina super y biocombustible.....	26
Gráfico 1-2:	Estructura de la metodología.....	28
Gráfico 2-2:	Ventas anuales de vehículos en Ecuador 2002-2019.....	32
Gráfico 3-2:	Ventas anuales por segmentos de vehículos en Ecuador 2002-2019	34
Gráfico 4-2:	Tipo de energía consumida por vehículos en Ecuador	34
Gráfico 5-2:	Demanda de tipos de gasolinas en el Ecuador en el año 2019	35
Gráfico 6-2:	Determinación de población de vehículos a gasolina Extra y Ecopaís	36
Gráfico 7-2:	Ciclo de conducción IM 240	52
Gráfico 1-3:	Monóxido de carbono de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís	66

Gráfico 2-3:	Monóxido de carbono de Mazda BT-50 con gasolina Extra	66
Gráfico 3-3:	Monóxido de carbono de Mazda BT-50 comparando con gasolina Ecopaís y Extra.....	67
Gráfico 4-3:	Dióxido de carbono de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís.....	67
Gráfico 5-3:	Dióxido de carbono de Mazda BT-50 con gasolina Extra.....	68
Gráfico 6-3:	Dióxido de carbono de Mazda BT-50 comparando con gasolina Ecopaís y Extra	68
Gráfico 7-3:	Hidrocarburos de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís	69
Gráfico 8-3:	Hidrocarburos de Mazda BT-50 con gasolina Extra	69
Gráfico 9-3:	Hidrocarburos de Mazda BT-50 comparando con gasolina Ecopaís y Extra...	70
Gráfico 10-3:	Oxígeno de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís.....	70
Gráfico 11-3:	Oxígeno de Mazda BT-50 con gasolina Extra.....	71
Gráfico 12-3:	Oxígeno de Mazda BT-50 comparando con gasolina Ecopaís y Extra	71
Gráfico 13-3:	Óxidos de nitrógeno de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís.....	72
Gráfico 14-3:	Óxidos de nitrógeno de Mazda BT-50 con gasolina Extra.....	72
Gráfico 15-3:	Óxidos de nitrógeno de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís y Extra	73
Gráfico 16-3:	Valor de lambda de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís.....	73
Gráfico 17-3:	Valor de lambda de Mazda BT-50 con gasolina Extra.....	74
Gráfico 18-3:	Valor de lambda de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís y Extra	74
Gráfico 19-3:	Monóxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís.....	75
Gráfico 20-3:	Monóxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Extra.....	76
Gráfico 21-3:	Monóxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís y Extra	76
Gráfico 22-3:	Dióxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís	77
Gráfico 23-3:	Dióxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Extra	77
Gráfico 24-3:	Dióxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís y Extra.....	78
Gráfico 25-3:	Hidrocarburos de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís.....	78
Gráfico 26-3:	Hidrocarburos de Suzuki S-Cross con gasolina Extra.....	79
Gráfico 27-3:	Hidrocarburos de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís y Extra	79

Gráfico 28-3:	Oxígeno de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís	80
Gráfico 29-3:	Oxígeno de Suzuki S-Cross con gasolina Extra	80
Gráfico 30-3:	Oxígeno de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís y Extra	81
Gráfico 31-3:	Óxidos de nitrógeno de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís	81
Gráfico 32-3:	Óxidos de nitrógeno de Suzuki S-Cross con gasolina Extra	82
Gráfico 33-3:	Óxidos de nitrógeno de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís y Extra.....	82
Gráfico 34-3:	Valor de lambda de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís	83
Gráfico 35-3:	Valor de lambda de Suzuki S-Cross con gasolina Extra	83
Gráfico 36-3:	Valor de lambda de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís y Extra.....	84
Gráfico 37-3:	Comparación del consumo de combustible entre vehículos y gasolinas.....	87
Gráfico 38-3:	Superficie de respuesta para el análisis del consumo de combustible.....	87
Gráfico 39-3:	Diagrama de pareto estandarizado para el consumo de combustible	88
Gráfico 40-3:	Comparación del FCO entre vehículos y gasolinas.....	89
Gráfico 41-3:	Superficie de respuesta para el análisis del FCO.....	89
Gráfico 42-3:	Diagrama de pareto estandarizado para el FCO	90
Gráfico 43-3:	Comparación del FHC entre vehículos y gasolinas.....	91
Gráfico 44-3:	Superficie de respuesta para el análisis del FHC.....	92
Gráfico 45-3:	Diagrama de pareto estandarizado para el FHC	92
Gráfico 46-3:	Comparación del FNOx entre vehículos y gasolinas.....	94
Gráfico 47-3:	Superficie de respuesta para el análisis del FNOx	94
Gráfico 48-3:	Diagrama de pareto estandarizado para el FNOx.....	95

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: NTE INEN 2204:20

ANEXO B: EJEMPLO DE CÁLCULO DE FACTORES DE EMISIÓN

ANEXO C: EQUIPO DE MEDICIÓN DE GASES CONTAMINANTES MAHA MGT 5

ANEXO D: DINAMÓMETRO DE CHASIS LPS 3000

ANEXO E: PUPITRE DE EQUIPOS PARA DINAMÓMETRO Y MEDIDOR DE GASES

ANEXO F: EQUIPO DE MEDICIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

ANEXO G: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS VEHÍCULOS

ANEXO H: LOCALIZACIÓN DEL CICCEV

ANEXO I: RESULTADOS DE PRUEBAS OBTENIDAS DEL VEHÍCULO MAZDA BT-50
EN EL LABORATORIO

ANEXO J: RESULTADOS DE PRUEBAS OBTENIDAS DEL VEHÍCULO SUZUKI S-
CROSS EN EL LABORATORIO

ANEXO K: ESPECIFICACIONES DE LA GASOLINA ECOPAÍS Y EXTRA

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue analizar los gases de escape de los vehículos Mazda BT-50 (BT) y Suzuki S Cross (SC) entre las gasolinas Extra (EX) y Ecopais (EC), para lo cual se obtuvieron de estimación de muestras grandes a partir de la determinación del parque vehicular del Ecuador con MEP (Motores de Encendido Provocado). La identificación de las emisiones contaminantes en concentraciones se llevó a cabo mediante pruebas dinamométricas con el ciclo de conducción americano IM 240 acoplado al control vehicular de inspección y mantenimiento (I/M) a 2800 msnm en la ciudad de Quito, además de ensayos en el consumo de combustible por cálculos de factores de emisión como: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NOx) usando los dos combustibles en ambos vehículos por medio del método de combustión simplificada, obteniendo los valores en gramos por kilómetro recorrido. Con el análisis de STATGRAPHICS se obtuvo que los vehículos son los principales significativos estadísticamente, seguido por los combustibles y al final la interacción de ambas variables. Se concluye que el uso de la gasolina EC, reduce la cantidad de emisión CO en 4.3 %, HC en 21.99 %, y NOx en 18.4 % en la BT. En el caso de SC, de igual manera al usarse el biocombustible disminuyen la cantidad de gases nocivos en 23.9 % de CO y 50 % de HC, pero el NOx aumenta un 35.05 % frente a la EX. Además, el rendimiento del combustible resultó eficiente con la gasolina EX, por el aumento del porcentaje de etanol en el carburante se disminuye un 3.7 % su autonomía. Se recomienda en este estudio de emisiones realizar con una muestra más grande y mayor número de repeticiones para corroborar el impacto de la utilización de principales fuentes energéticas del país.

Palabras clave: <MOTORES DE ENCENDIDO PROVOCADO (MEP)> <FACTORES DE EMISIÓN> <DINAMOMÉTRICAS> <CONSUMO DE COMBUSTIBLES> <INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO (I/M)> <COMBUSTIÓN SIMPLIFICADA> <BIOCOMBUSTIBLE>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

0041-DBRA-UPT-2022

2022-01-10

SUMMARY

The present study aimed to analyze the exhaust gases of Mazda BT-50 vehicles (BT) and Suzuki S Cross (SC) between the Extra (EX) and Ecopaís (EC) gasoline. Thus, it was obtained from the estimation of large samples from the determination of the vehicle fleet from Ecuador with MEP (Provoked Ignition Engines). The identification of pollutant emissions in concentrations was carried out by dynamometric tests. With the American cycle, IM 240 driver coupled to vehicle inspection and maintenance control (I/M) at 2800 masl in the city of Quito. In addition to tests on fuel consumption by calculations of emission factors such as carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), and oxides of nitrogen (NOx) using the two fuels in both vehicles through the method of simplified combustion. Obtaining the values in grams per kilometer traveled. With the STATGRAPHICS analysis, it was obtained that the vehicles are the main significant statistically, followed by fuels and at the end the interaction of both variables. It concluded that the use of EC gasoline reduces the amount of CO emission by 4.3%, HC by 21.99%, and NOx at 18.4% in BT. In the case of SC, likewise, using biofuel decrease the number of harmful gases by 23.9% CO and 50% HC, but NOx increases 35.05% compared to the EX. In addition, the fuel economy was efficient with the EX gasoline, due to the increase in the percentage of ethanol in the fuel which reduced 3,7% its autonomy. It is recommended in this study of emissions to carry out with a larger sample and greater number of repetitions to corroborate the impact of the use of main sources of energy of the country.

KEYWORDS: <INTRODUCED IGNITION ENGINES (MEP)> <IGNITION FACTORS EMISSION> <DYNAMOMETRIC> <FUEL CONSUMPTION> <INSPECTION AND MAINTENANCE (I/M)> <SIMPLIFIED COMBUSTION> <BIOFUEL>.



Firmado electrónicamente por:
**PATRICIA PILAR
MOYOTA AMAGUAYA**

INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional ha generado que en varias ciudades se extienda la zona urbana, por ello se ha visto necesario un medio de transporte de acuerdo a las necesidades de trasladarse de un lugar a otro. Por ello el parque automotor cada vez va en aumento y la capacidad vial se ha visto afectada al colapsar en varios horarios del día. Estos dos factores de acrecentamiento son causas para que la contaminación atmosférica es un problema en los últimos años, ya que las fuentes móviles son consideradas una de las principales responsables de esta polución.

En Ecuador, hasta el 2018 se registraron más de 2.8 millones de vehículos de diferentes tipos, los cuales aproximadamente el 90% de estas unidades son con motores de encendido provocado (MEP), es decir que utilizan gasolina como combustible (INEC, 2019). Las gasolinas comercializadas a nivel nacional son tres: Super, Extra y Ecopaís, donde el último es catalogado como biocombustible al tener un 5% de etanol producto de la caña de azúcar. Dos de estos tipos de combustibles son de mayor demanda en el país, por su bajo costo, aunque con un menor octanaje, siendo la Ecopaís en la región Costa y la Extra en la región Sierra.

El motor de combustión interna puede generar excesivas concentraciones de gases contaminaste a causa de varios factores, como: mal funcionamiento de los diferentes sistemas, falta de mantenimiento, sensores, actuadores, convertidos catalítico, etc. Así mismo como factores externos los cuales no pueden ser controlados directamente es la calidad del combustible, impidiendo que vehículos con nueva tecnología en reducir emisiones perjudiciales sean integrados a las vías ecuatorianas. También las condiciones atmosféricas al no ser controladas correctamente por el sistema correspondiente, puede hacer que varíen la eficiencia del motor y sobre todo las cantidades de gases de escape.

En el país las grandes ciudades como Quito, Guayaquil, Cuenca y Santo Domingo, están siendo afectadas por el deterioro de la calidad del aire en las zonas urbanas por el tráfico vehicular. El control de las emisiones se ha ido regularizando mediante reglamentos y normativas implementadas a nivel mundial. El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) es el encargado de fijar límites en concentraciones y factores de emisión en base a pruebas estáticas y dinámicas, dichos resultados son comparados mediante la Revisión Técnica Vehicular (RTV) en cada ciudad para su aprobación de circulación.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Justificación

La contaminación atmosférica es un problema que se ha venido desarrollando durante mucho tiempo, tanto que en los últimos años se ha notado significativamente por varios factores. Una de las principales fuentes de contaminación son los automotores, ya que al final de la combustión de los hidrocarburos, emiten gases contaminantes al ambiente. Como parte final del ciclo otto a gasolina, los gases de escape están formados por Óxidos de Nitrógeno (NOx), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂), Hidrocarburos (HC), Oxígeno (O₂) y entre otros no relevantes (Rocha et al., 2018 pp.97-108). De todos estos gases, los CO, CO₂, NOx Y HC, en proporciones importantes son responsables de la degradación ambiental y de la salud (TOYOTA, 2019). Los problemas ambientales están relacionados como el efecto invernadero, el smog fotoquímico, la lluvia ácida, etc. Los efectos en la salud considerados son los problemas respiratorios (neumonía, asma, bronquitis), enfermedades cardiovasculares, reacciones alérgicas, cáncer e incluso la muerte (OMS, 2015). Según estudios realizados en 28 estados de la Unión Europea, en el 2015 hubo 391000 muertes prematuras a causa de partículas finas emitidas por fuentes móviles en la atmósfera (AEMA, 2016). Estos problemas de contaminación también se evidencian en nuestro país, principalmente en las ciudades más pobladas, donde la contaminación atmosférica urbana por el tráfico vehicular va en aumento.

El crecimiento poblacional va conjuntamente relacionado con el incremento del parque automotor, ya que en Ecuador en la última década se sumó más de 1.4 millones de vehículos, teniendo hasta el 2018 registrados más de 2.4 millones de a nivel nacional (INEC, 2019). La principal provincia con más vehículos matriculados es Pichincha, siendo la capital Quito, cuenta con 540 827 unidades de los cuales los vehículos livianos representan el 87% del total de circulantes en todo el territorio ecuatoriano (AEADE, 2020b). La mayoría de estos automotores son alimentados por los distintos tipos de gasolina comercializadas en el país. Para el 2019, el total de gasolina despachada a nivel nacional fue de 1.258 millones de galones entre Súper, Extra y Ecopaís (PETROECUADOR, 2020a). A partir de esta cifra para ese año, se contabilizó que la gasolina Ecopaís representó el 48% del consumo, la gasolina Extra con el 43% y la gasolina Súper alcanzó el 9%.

Los tipos de combustibles como la gasolina Extra y Ecopaís son las más demandadas a nivel nacional, por lo que resulta útil tomarlas como objeto de estudio en el análisis de gases contaminantes emitidos por motores de encendido provocado. La gasolina Ecopaís, es un biocombustible de 85 octanos, compuesto por 5% de etanol (proveniente de la caña de azúcar) y 95% de gasolina premezclada, el porcentaje del etanol variará a 10% desde el año 2020 (Ministerio

de Hidrocarburos, 2017). Las emanaciones de gases tóxicos al medio ambiente, como el Dióxido de Carbono (CO₂), se reducen con el consumo de gasolina Ecopaís, la cual fue creada como biocombustible que favorecen al sector productivo de caña de azúcar y Etanol (PETROECUADOR, 2020a). Adicionalmente, el uso de este combustible aporta con la reducción en la salida de divisas, ya que decrecen las importaciones de nafta de alto octanaje que se usan para producir gasolinas. Cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 935, la cual vela por la calidad de las gasolinas, es decir, certifica que esta alcanza los estándares de calidad de la gasolina Extra, con la ventaja que la gasolina Ecopaís posee componentes renovables en su formulación.

En el cierre del siglo XX, el sector automotriz ha ido implementando el uso de nuevas tecnologías que ayudan a reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera. Estas tecnologías que se relacionan con el medio ambiente y conjuntamente con sus normativas han evolucionado, adquiriendo importantes avances en el desarrollo de motores, sistemas de emisión de gases y calidad de los combustibles. Por ejemplo, la Normativa Ambiental Europea más conocida como “EURO”, se ha desarrollado para el seguimiento de ideas innovadoras y tecnologías nuevas para los vehículos (Ministerio de Ambiente, 2017). La aplicación de una conducción eficiente es una nueva técnica recomendada actualmente que permite ahorro de carburante entre un 15%, con ello se logra una reducción de emisiones contaminantes. Está técnica es importada de otros países de la UE y surgió para adaptar el estilo de conducción a la moderna tecnología de los vehículos (Viñuela, 2017).

Con las variables de estudio planteadas, se pretende aumentar la muestra de las emisiones contaminantes de dos modelos de vehículos comercializados en Ecuador, por lo que la industria automotriz va en aumento y sus avances tecnológicos se preocupan por controlar y reducir los gases nocivos provenientes de la combustión de los vehículos. Tomándose en cuenta varios factores simultáneos como el tipo de combustible utilizado, estado del sistema de inyección y condiciones atmosféricas, por lo que alguna variación de estas, podrían significar aumento de los niveles de emisiones. Así mismo aportar hacia la estandarización del país con normativas actuales (EURO IV, V, VI, VII) que garantice la calidad de aire óptimo para la conservación de la fauna, flora y sobre todo la salud poblacional.

1.2. Problema

Actualmente la contaminación atmosférica va en aumento y por ende los efectos ambientales y en la salud son más notorios. Así como los conductores, los peatones son los más afectados por la contaminación atmosférica producida por los gases de escape, ya que varias personas realizan actividades en la zona urbana de diferentes ciudades a nivel nacional donde el tráfico vehicular es excesivo. Todo esto se vincula directamente con las diversas afectaciones a la salud con graves enfermedades respiratorias que a la larga será un problema mayor para el estado.

En Ecuador las ciudades más pobladas están sometidas a este tipo de contaminación por el crecimiento del parque automotor anualmente. En la capital, Quito, ante varios estudios constantes se ha podido probar que la urbe es afectada por las emisiones de escape de los automotores, por ello se han venido estableciendo varias ordenanzas y normativas conjuntamente con la revisión técnica vehicular para controlar esta polución. Estas emisiones de gases vehiculares son causadas ya sea por poseer sistemas de alimentación antiguos, fallas mecánicas, falta de mantenimientos respectivos, mala calidad del combustible, entre otros. Según la Agencia Metropolitana de Tránsito en el 2017, de 474.415 vehículos que se presentaron a la revisión técnica, solo aprobaron 260.999 (AMT, 2020). La principal causa de reprobación del permiso de circulación está en la prueba de contaminación ambiental, ya que los valores de la concentración de los gases de escape no están dentro de los permitidos por Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2017).

En el país se comercializa combustibles normados a nivel mundial, donde desde el 2012 hubo un leve incremento de octanaje en la gasolina, pero los niveles de azufre, emisiones de gases contaminantes y calidad del combustible no cambiarían ante esta variación (Poveda, 2015). El contenido de azufre en la gasolina es uno de los causantes de los gases nocivos para la salud, por ello las normativas EURO son las encargadas de establecer límites de este elemento. Hoy en día a nivel nacional está vigente la normativa EURO 3 y comenzando a relacionarse con la EURO 4 pero aún no obligatoria (Molina, 2017). Por ello es importante tomar los dos tipos de gasolina más expedida a nivel nacional, la Extra y Ecopaís, como variables de estudio ante las emisiones contaminantes.

El análisis de los gases de escape se podrá obtener una comparación de las concentraciones y los factores de emisión contaminantes utilizando ambos tipos de gasolina. Siendo así un aporte a la industria automotriz ante la actualización del inventario de emisiones con el estudio en estos dos tipos de vehículos. También para la creación de nuevas tecnologías aplicadas a estas marcas y modelos de automotores, con el fin de reducir dichas emisiones nocivas al ambiente e implementar normativas actuales con el fin de obtener combustibles de buena calidad.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Analizar los gases de escape entre dos tipos de gasolina Extra y Ecopaís comercializadas en Ecuador bajo la simulación del ciclo de conducción estándar IM 240, para la comparativa de los niveles de contaminación atmosférica de ambos combustibles.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Realizar las pruebas de emisión de gases de dos vehículos en un dinamómetro de chasis mediante el ciclo de conducción IM 240 utilizando gasolina Extra y Ecopaís.
- Interpretar los datos obtenidos en las concentraciones y factores de emisión de los gases contaminantes para los dos tipos de combustible y en ambos vehículos.
- Comparar las concentraciones y factores de emisión de gases contaminantes provenientes del escape entre la utilización de gasolina Extra y Ecopaís, en cada vehículo.

1.4. Hipótesis

Los combustibles más comercializados en la Región Costa y Sierra es la gasolina Ecopaís y Extra respectivamente. Por lo tanto, el alcance de la investigación es la influencia de la gasolina Ecopaís en ciudades de altura como: Quito, Riobamba, Latacunga, Ambato, Cuenca, etc. Cada uno de los dos combustibles, emiten diferentes factores de emisión y concentraciones contaminantes. Los dos vehículos estudiados son vendidos en país, los cuales están dentro de las especificaciones técnicas de la norma Euro 3 vigente en el mismo.

Las pruebas de gases contaminantes en la ciudad de Quito con la simulación de un ciclo de conducción IM 240, expresarán valores de: Monóxido de Carbono (CO), oxígeno (O₂), Dióxido de Carbono (CO₂), Hidrocarburos (HC) y Óxidos de Nitrógeno (NO_x), para la gasolina Extra y Ecopaís utilizado en dos vehículos comerciales, esto relacionándose con las ciudades Andinas mencionadas anteriormente por su similitud en altitudes.

1.5. Estado del arte

1.5.1. *Motor de combustión interna a gasolina*

Estos motores funcionan a partir de una energía química, pasando por una energía de calor, obteniendo movimiento como resultado de la energía mecánica (Rocha-Hoyos et al., 2018, p.98). La energía química tiene como parte principal al combustible que con ayuda del oxígeno hace encender dicha mezcla, simulada en la figura 1-1. La energía de calor es producto de la combustión del combustible y el comburente. La energía mecánica es la que realiza el movimiento alternativo o rotativo, según el mecanismo empleado para aprovechar estas energías antes mencionadas. Existen cuatro tipos de motores de combustión interna: motor ciclo Otto, motor ciclo Diésel, motor rotativo (Wankel) y turbina de combustión (Torres, 2016, p.2). Las denominaciones de estos tipos de motores provienen ya sea por sus inventores y/o por su principio de funcionamiento. La característica principal de estos MCI es que su eficiencia está por debajo del 50%, ya que pierden energía en distintas formas (Artés, 2012).

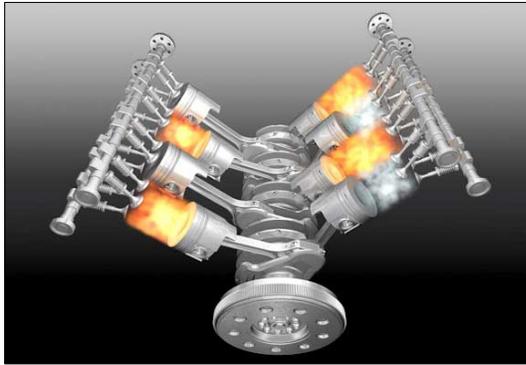


Figura 1-1: Motor de combustión interna

Fuente: (Valdés, 2018)

De acuerdo con Moyer (2012, p.9), en su momento el mundo suponía que con la invención de estos motores que realizan internamente su combustión, el petróleo iba a ser inagotable y el clima permanecería estable. Los gases contaminantes de estos motores ha causado un problema ambiental y de salud a nivel mundial (Llanes-Cedeño et al., 2018, pp.221-222). Hoy en día los MCI son objeto de varios tipos de investigaciones para su mejora de eficiencia y sobre todo reducción de las emisiones, ya que como se observa en la figura 2-1, el parque automotor va en aumento a nivel mundial.



Figura 2-1: Emisiones vehiculares

Fuente: (Platas, 2019)

1.5.1.1. *Ciclo Otto*

El ciclo Otto es llamado así por su inventor Nicolaus Otto, ya que en 1876 creó el motor alimentado por gasolina de cuatro tiempos. Este ciclo termodinámico produce la explosión de su mezcla aire/gasolina mediante una chispa provocada en el tiempo correcto (Contreras et al., 2018, p.33). Un ciclo de trabajo contiene seis etapas, de las cuales dos se cancelan y no son relevantes en el proceso (Blas et al., 2017). Los cuatro tiempos con lo que se refiere al motor Otto se debe al movimiento que realiza el pistón, en número de carreras o cuantas veces llega al punto más alto o punto muerto superior (PMS) y al punto más bajo o punto muerto inferior (PMI). El trabajo

efectuado en el ciclo es positivo, por lo que la biela y el pistón se mueven de forma alternativa y el cigüeñal gira de forma horaria, como se muestra en la figura 3-1.

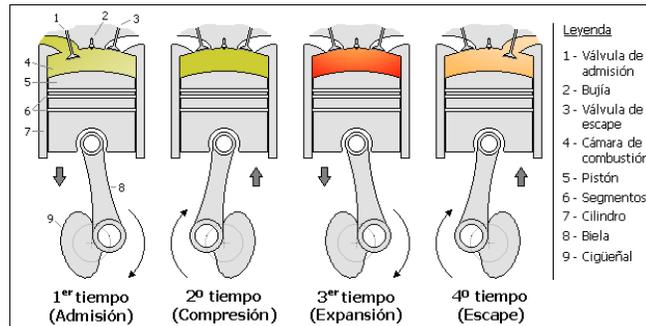


Figura 3-1: Tiempos de un motor de combustión interna

Fuente: (INDAVE, 2016).

Los cuatro tiempos de funcionamiento del ciclo Otto para un motor a gasolina son:

- 1) **Admisión:** En este tiempo la válvula de admisión se abre y el pistón se mueve desde el PMS al PMI, creando un vacío en el cilindro para que aspire la mezcla aire-combustible desde el exterior ya formado o dependiendo el sistema de inyección. En su primera carrera de forma descendente, el cigüeñal ha girado 180° y la válvula de escape cerrada.
- 2) **Compresión:** En este momento el pistón se mueve desde el PMI al PMS, comprimiendo la mezcla aire-combustible en la cámara de combustión. En su segunda carrera de forma ascendente, el cigüeñal ha girado 360° y las válvulas de admisión y escape cerradas.
- 3) **Explosión:** Con la ayuda de una chispa provocada, se enciende la mezcla aire-combustible haciendo que se produzca una detonación, enviando el pistón del PMS al PMI. En su tercera carrera de forma descendente, el cigüeñal ha girado 540° y ambas válvulas continúan cerradas.
- 4) **Escape:** En la última fase del ciclo, se abre la válvula de escape y el pistón recorre desde el PMI al PMS eliminando los gases producto de la combustión acumulados en el cilindro. En su cuarta carrera de forma ascendente, el cigüeñal ha girado en total 720° y la válvula de admisión cerrada.

En un motor de combustión interna el ciclo termodinámico Otto no sucede exactamente como se describe de forma adiabática e isocórica. La pérdida de calor por la refrigeración y la fricción del pistón con el cilindro, son causas para que haya una pérdida de energía durante los procesos (Torres, 2016, p.3). Otros factores como la apertura de válvulas anticipadas, el retraso de cierre de válvulas y salto de chispa, son aquellos que inciden a seguir un ciclo ideal (Rivera et al., 2017, p.62). El ciclo real de funcionamiento se puede observar en la figura 4-1 donde se diferencia del ciclo teórico.

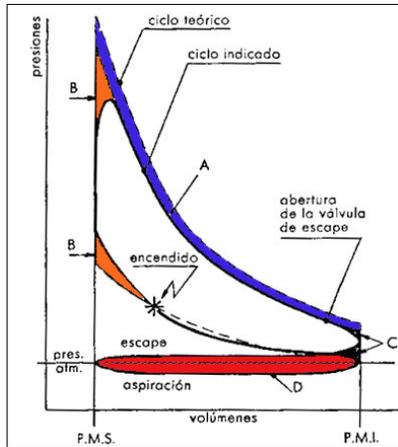


Figura 4-1: Ciclo real de funcionamiento de un MCI

Fuente: (Cabrera, 2018).

1.5.2. Sistema de inyección electrónica

El sistema de inyección de combustible está vigente desde 1952, especialmente se implementó en motores de cuatro tiempos (Zaragoza, 2013, p.26). Este sistema se implementó para reemplazar el carburador y obtener una mezcla de combustible más efectiva. Así mismo ante la reducción de emisiones contaminantes provenientes de los gases de escape y el catalizador tenga mayor duración. Los sistemas de inyección se han ido desarrollando de varios tipos con la implementación de sensores y actuadores (figura 5-1), pero su principio de funcionamiento se ha ido manteniendo y sobre todo mejorando. La inyección consiste en la pulverización de la gasolina a través de un inyector, el cual está instalado en un ducto a alta presión, dicho caudal proveniente de una bomba que se alimenta desde el tanque de combustible (Ortega, 2017, p.29).

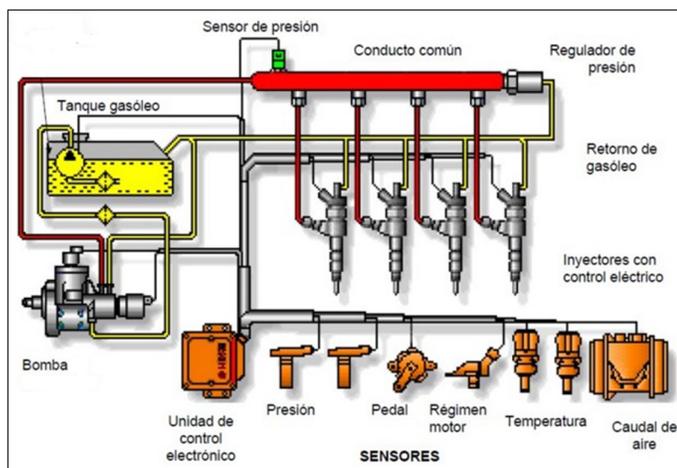


Figura 5-1: Diagrama del sistema de inyección electrónica

Fuente: («Inyección de combustible» [sin fecha])

De acuerdo con Guachamin (2016, p.23), la importancia del sistema de inyección se basa en tres principales aspectos: baja contaminación, menor consumo de combustibles y mayor rendimiento. Al momento de alimentar al motor de combustible, lo de manera adecuada y con la proporción justa de acuerdo a la carga a la que esté sometido. El bajo consumo de combustible y menores concentraciones contaminantes es producto de una buena dosificación, mencionada anteriormente. El buen rendimiento del motor de combustión interna gracias a este sistema, se caracteriza por tener un pronto arranque, un ralentí estable y una temperatura de funcionamiento en menor tiempo (Arévalo et al., 2018, p.8).

La actualización de un sistema tradicional a carburador hacia un sistema de inyección electrónico, ha dado resultados significativos donde se los puede evidenciar en sus valores de emisiones, rendimiento y eficiencia. Erazo et al. (2012, pp.21-25), en su investigación sobre “Gestión energética de rendimiento y ambiental”, adaptó un sistema de inyección electrónica a un vehículo con motor de combustión interna, donde la mezcla aire combustible provenía de un carburador. Implementó todo un sistema actual gestionando componentes, sensores, actuadores y toda la programación debidamente en la PCM. En el análisis posterior a su adaptación del sistema, con la ayuda de un dinamómetro a una aceleración al 100%, temperatura ambiente de 25°C y temperatura del motor a 75°C, resultaron cuatro factores característicos de la inyección electrónica:

Consumo de combustible: como se observa en el gráfico 1-1, en bajas revoluciones se asemeja el consumo, pero superiores 3000 r.p.m. el consumo es constante y sobre todo bajo, resultando 9 km más de recorrido con un galón de combustible en el sistema de inyección electrónica.

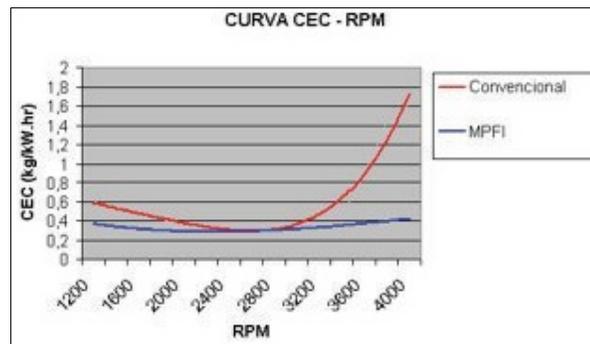


Gráfico 1-1: Consumo de combustible

Fuente: (Erazo et al., 2012, p.23)

Torque y potencia: cómo se puede observar en el gráfico 2-1, en el sistema de inyección electrónica la potencia asciende de forma proporcional y no decae como en el sistema sustituido. El torque también tiene un comportamiento positivo, ya que a altas revoluciones no desciende como se muestra en el gráfico 2-1.

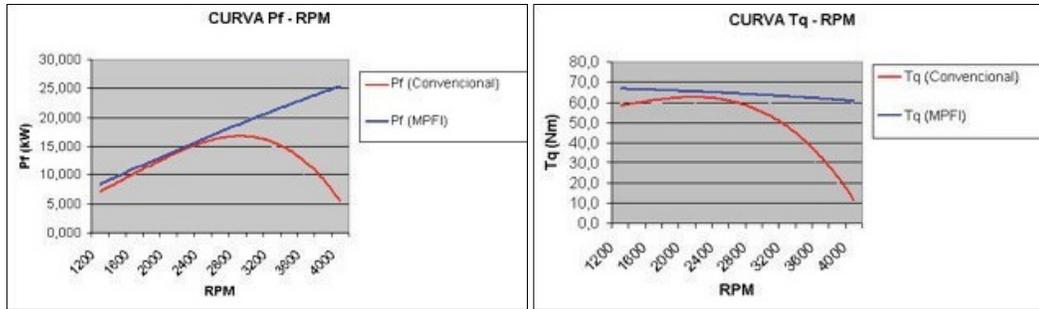


Gráfico 2-1: Curvas de torque y potencia

Fuente: (Erazo et al., 2012, p.23)

Emisiones de gases: con la adaptación del nuevo sistema a inyección electrónica, el monóxido de carbono (CO) bajó un 68%, los óxidos de nitrógeno (NOx) Bajo un 63% y los hidrocarburos (HC) bajo un 85% (figura 6-1).

CO	00.628 % vol	HC	00766 ppm vol	CO	00.201 % vol	HC	00118 ppm vol
CO2	03.04 % vol	O2	1.39 % vol	CO2	03.17 % vol	O2	1.22 % vol
NOx	0008 ppm vol	AFR	----	NOx	0003 ppm vol	λ	----
RPM	1100	Temp	+104.8 °C	RPM	0866	Temp	+104.9 °C

Figura 6-1: Concentración de emisiones del sistema convencional (izquierda) y del sistema de inyección electrónica (derecho)

Fuente: (Erazo et al., 2012, p.24)

1.5.3. Combustión en motores de encendido provocado (MEP)

La combustión en un motor tiene mucho que ver con la gestión de la mezcla aire-combustible que es controlada por sensores y actuadores del sistema de inyección, ya que con la dosificación adecuada se puede mantener un consumo controlado y bajas emisiones. Antiguamente esto no era posible controlar ya que el carburador no podía mantener estos límites bastante estrechos. La mezcla estequiométrica o el factor lambda de 1, es por unidad de peso del combustible, es necesario 14.7 unidades de peso de aire (Pezantes y Zamora, 2015, p.7). En la combustión de un motor de ciclo Otto existen mezclas ricas y mezclas pobres:

- Mezclas ricas: contiene más proporción de gasolina que la proporción de aire (gráfico 3-1), lo cual aumenta el consumo de combustible y por ende aumento de emisiones contaminantes.

- Mezclas pobres: Contiene más proporción de aire que lo estipulado en la relación 14.7 (gráfico 3-1), generalmente sucede en condiciones de altura y también significa más emisiones contaminantes.

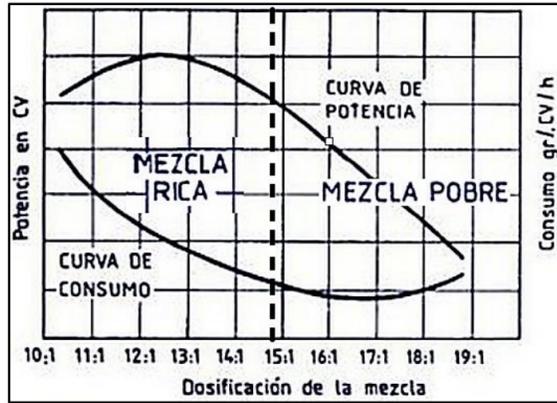


Gráfico 3-1: Relación de mezclas aire-combustible

Fuente: (Pezantes y Zamora, 2015, p.8)

Uno de los componentes que comprometen a una mezcla estequiométrica es el catalizador, ya que existen variaciones entre las concentraciones de los contaminantes. Acorde con los autores Rojas et al. (2019, pp.23-29), en su estudio experimental de las emisiones (CO_2 y CO) y el factor lambda, con catalizador y sin catalizador. Donde su objetivo principal es hacer conocer la importancia del catalizador en un vehículo para reducir los gases nocivos al ambiente que afectan a la salud de las personas. La estrategia utilizada en un vehículo seda motor tipo FS-ZM es un ciclo Deming, donde se aplica planificación, realización, verificación y actuación para una mejora.

Las emisiones se estabilizan de acuerdo al uso del catalizador, en regímenes bajos del motor es más importante, como resulta mayor consumo de combustible y mayor contaminación de gases (Rojas et al., 2019, pp.26-27). Sin catalizador a regímenes altos la onda se ha generado de forma estable (gráfico 4-1), pero los contaminantes CO y CO_2 oscilan mucho, donde evidencia una mezcla rica en el valor de la lambda.

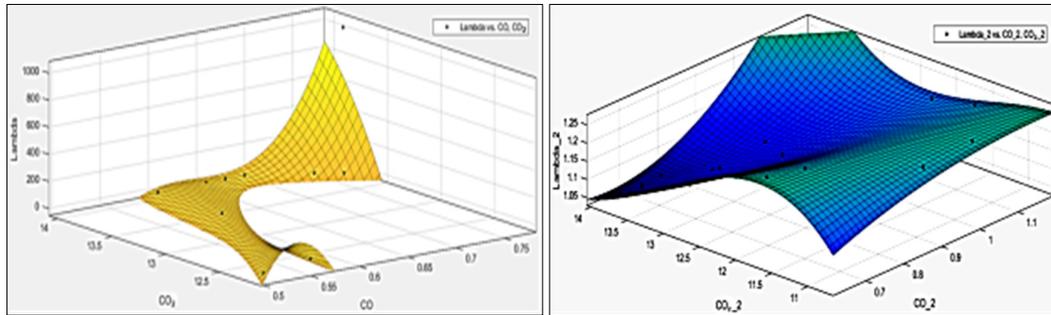


Gráfico 4-1: Relación sin catalizador de lambda vs. CO vs. CO2 en ralentí (izquierda) y a 4500 rpm (derecha)

Fuente: (Rojas et al., 2019, pp.26-27)

Las pruebas con el catalizador implementado en el vehículo (gráfico 5-1), ha generado una alinealidad en las emisiones de CO2 y CO, por lo que el factor lambda es más estable en su control de la mezcla (Rojas et al., 2019, pp.27-28). Concluyendo que a pesar de que un vehículo este en óptimas condiciones, el catalizador va exponer una diferencia importante antes las emisiones de escape, ya que, a mayor régimen, mayor contaminación.

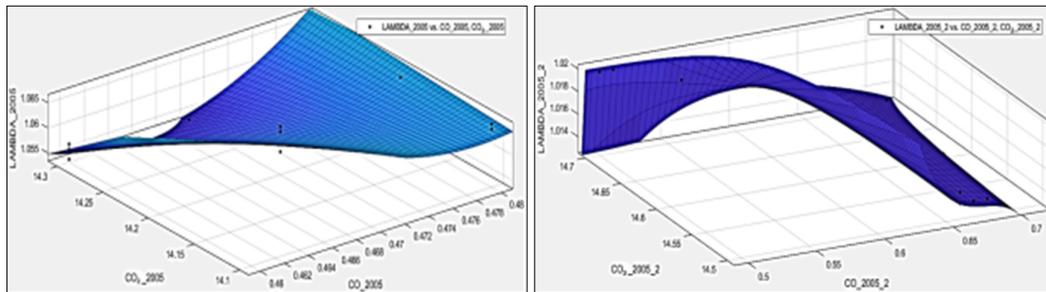


Gráfico 5-1: Relación con catalizador de lambda vs. CO vs. CO2 en ralentí (izquierda) y a 4500 rpm (derecha)

Fuente: (Rojas Reinoso et al., 2019, pp.27-28)

1.5.4. Contaminación atmosférica por fuentes móviles

Las emisiones vehiculares es uno de los principales problemas para la contaminación atmosférica, por la que se han desarrollado varios estudios para lograr controlar y sobre todo reducir estos gases nocivos. El modo de movilizarse de forma particular o individual, ha causado el incremento de la flota vehicular de cada país, donde cada gobierno ha tenido que tomar acciones de movilidad, planificación y control de dichos medios de transporte (Salvo y Souza, 2018, p.749). El impacto ambiental de estas emisiones ha afectado al ambiente y sobre todo a la salud humana.

En una investigación realizada en México por Sandoval et al. (2019, pp.1-13), establece que actualmente el 77.8% se su población ya está asentada en zonas urbanas y los efectos sobre la calidad del aire, fuentes energéticas y el tráfico vehicular han subido de forma progresiva. Ante

esta problemática, un compromiso por los gobernantes para el 2030 ha sido la reducción de estos gases de efecto invernadero en un 21%. El transporte mediante vehículos eléctricos es un de las principales opciones, para lo cual el autor de este artículo mediante un análisis algebraico ha comparado diversas fuentes para obtener la energía eléctrica suficiente. De acuerdo con el resultado obtenido para el escenario del 2030 (gráfico 6-1), no se deberían emitir más de 21.1 Mt/año (CO₂) en la generación eléctrica de 26.72 Mt/año (CO₂) que emitirían los vehículos a combustión para ese año, solo las energías renovables y la energía nuclear cumplirían esos límites.

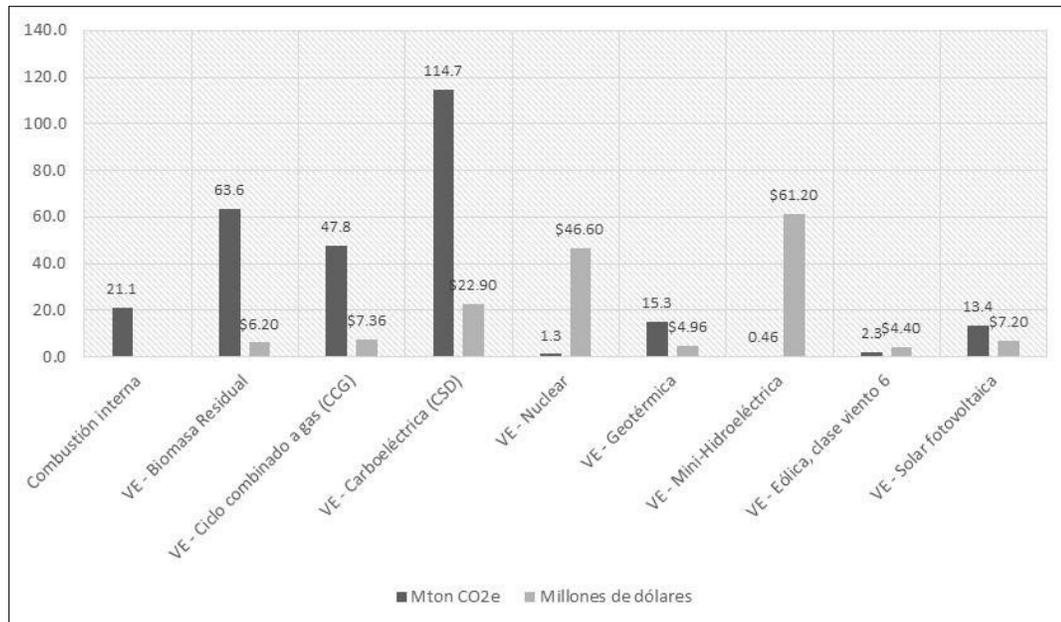


Gráfico 6-1: Emisiones de CO₂ y costo de producción de energía para vehículos eléctricos

Fuente: (Sandoval et al., 2019, p.8)

En Ecuador, un claro ejemplo sobre la alta afluencia vehicular es la capital Quito, donde datos obtenidos de la revisión técnica vehicular (RTV), del total de vehículos en la ciudad el 94.5% son a gasolina, los cuales 73.6% son autos y el 14.5% son camionetas (Vega et al., 2015, p.88). Tres provincias ecuatorianas como Guayas (71.84%), Pichincha (11.65%) y Galápagos (10.68%), son las que cuentan con más implementaciones de vehículos eléctricos, especialmente en el sector del transporte público (AEADE, 2020c). Las marcas con mayor importación de estos vehículos son: Dayang, Kia, BYD, Renault y BMW.

1.5.4.1. Efectos ambientales

Uno de los principales efectos ambientales causada por gases contaminantes emitidos a la atmósfera, es el efecto invernadero, destruyendo la capa de ozono haciendo que los rayos solares se inserten directamente en la superficie terrestre. El resultado de este efecto es el exceso de

temperatura en el planeta, cambios de clima, inundaciones, huracanes, olas de calor y demás fenómenos atmosféricos (S&P, 2017).

Los gases de efecto invernadero (GEI) desde el 2017 ha generado un nuevo récord, acelerando el calentamiento global y según indicadores es por el efecto de la combustión de combustibles fósiles que emiten sus gases a la atmósfera (NOAA, 2018). En el país se ha evidenciado por varios factores de cambios climáticos los cuales no eran frecuentes, sequías de fuentes hídricas, aumento de temperatura y fuertes lluvias causando inundaciones y deslizamientos.

1.5.4.2. Efectos a la salud

Los efectos en la salud son fundamental para las investigaciones y estudios sobre la contaminación atmosférica, sobre todo controlar las fuentes con más emisiones. La población más afectada por esta fuente de contaminación, es aquella que realiza actividades en la vía pública y los peatones.

Los autores Segura-Contreras y Franco (2016, pp.179-187), en su investigación sobre la exposición de peatones en lugares con tráfico automotor, toma una vía registrada con alto flujo vehicular (Carrera Séptima – ciudad de Bogotá). Utilizo Micro Aethalometro portátil Modelo AE51 para medir el carbono elemental (BC), el dispositivo lo portaban personas que hacían el recorrido frecuente de 1.6 km en la mencionada zona. Los resultados como se muestra en el gráfico 7-1, expone una inadecuada calidad del aire para la salud de las personas y que se debe tomar en cuenta para la estructura vial y peatonal.

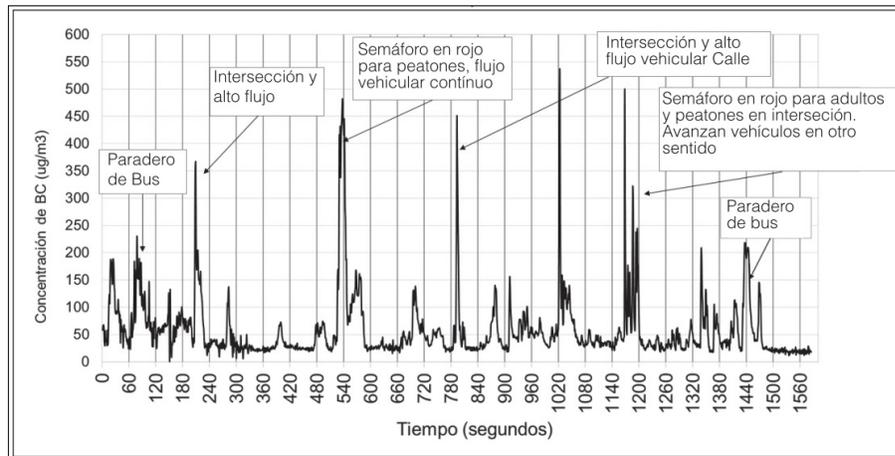


Gráfico 7-1: Concentraciones de BC frente al tiempo de exposición en Carrera Séptima (Bogotá)

Fuente: (Segura-Contreras y Franco, 2016, p.185)

Según la Organización Mundial de la Salud, los efectos por la contaminación atmosférica son a corto plazo como: mareos, vómitos, alergias, erecciones en la piel, etc., y a largo plazo como:

enfermedades respiratorias, cáncer de pulmón, neumonía, enfermedades cardiovasculares y entre otras crónicas relacionadas (OMS, 2014). También ratifica que depende del estado de la persona y cuánto tiempo de exposición conlleven tener una enfermedad, los grupos más vulnerables son las familias pobres, ancianos, niños y personas con enfermedades de otro tipo como la diabetes.

Ribeiro et al. (2019, pp.4-10), en su estudio asociando la densidad del tráfico vehicular con el cáncer del aparato respiratorio en São Paulo (Brasil), utilizo el modelo ecológico de Besag-York-Mollié y el modelo clásico de Poisson para relacionar los casos de enfermedades respiratorias. Resultando evidente un intervalo de confianza del 95% (tabla 1-1) en habitar en zonas urbanas donde el tráfico vehicular es más denso, estas personas (hombres y mujeres) tienen un riesgo alto de ser hospitalizadas con cáncer en el sistema respiratorio.

Tabla 1-1: Casos de cáncer del sistema respiratorio asociado al tráfico vehicular

	Casos (N = 4.123)	IRR	Valor de p	IC95%
Densidade de tráfico (habitantes/km2)				
0,418-6,341	583	1,00		
6,342-10,561	962	1,01	0,928	0,89-1,13
10,562-18,492	1.122	1,05	0,476	0,92-1,19
18,493-25,715	921	1,19	0,013	1,04-1,37
25,716-75,790	535	1,39	< 0,001	1,19-1,61
Para cada diez unidades de acréscimo	4.123	1,11	< 0,001	1,07-1,15
IDH-M				
0,608-0,688	603	1,00		
0,689-0,720	862	0,90	0,071	0,80-1,01
0,721-0,768	1.243	0,98	0,696	0,86-1,10
0,769-0,886	1.415	0,98	0,713	0,86-1,11
Faixa etária (anos)				
21-40	276	1,00		
41-60	1.592	9,95	< 0,001	8,75-11,31
61-70	1.159	30,14	< 0,001	26,41-34,40
71-80	858	40,62	< 0,001	35,42-46,59
≥ 81	238	35,13	< 0,001	29,49-41,85
Gênero				
Feminino	1.388	1,00		
Masculino	2.735	2,66	< 0,001	2,49-2,84

Fuente: (Ribeiro et al., 2019, p.8)

1.5.5. *Análisis de concentración de contaminantes*

Las concentraciones excesivas provenientes del motor de combustión interna, son causa de la falta de mantenimiento, averías en el sistema de inyección electrónica, calidad de los combustibles y parámetros atmosféricos los cuales no pueden ser controlados por los sistemas, ya sea por su tecnología o averías (Rocha-Hoyos et al., 2018, p.98). Por ello se toma en consideraciones distintos

tipos de muestras para lograr entender la magnitud del problema que aún está vigente en la actualidad, para así tener un avance tecnológico que vayan a la par a nivel internacional.

Perés et al. (2016, pp.41-55), en su investigación: Optimización evolutiva del tráfico urbano y las emisiones vehiculares, realizada en Montevideo (Uruguay), utilizan un algoritmo NSGA-II para el análisis experimental en una zona transitada de la ciudad, y mediante una eficacia numérica simular los ciclos de semaforización considerando las emisiones ante el flujo vehicular. Su objetivo principal es resolver el problema de ciclos deficientes en el tráfico desde un punto de vista medio ambiental, atmosféricos y calidad de vida.

Tabla 2-1: Resultados entre NSGA-II y operación real

<i>instancia: horario mañana</i>		<i>mejoras NSGA-II</i>		<i>instancia: horario noche</i>		<i>mejoras NSGA-II</i>	
<i>objetivo</i>	<i>real</i>	<i>máximo</i>	<i>media</i>	<i>objetivo</i>	<i>real</i>	<i>máximo</i>	<i>media</i>
<i>CO</i>	7396.309 g	19.3%	2.7%	<i>CO</i>	3282.057 g	8.6%	-0.7%
<i>CO₂</i>	304698.960 g	23.8%	8.5%	<i>CO₂</i>	144205.594 g	9.7%	4.2%
<i>HC</i>	631.594 g	23.9%	1.2%	<i>HC</i>	268.158 g	13.4%	0.5%
<i>PM_x</i>	53.868 g	17.9%	4.3%	<i>PM_x</i>	24.790 g	10.0%	3.4%
<i>NO_x</i>	1059.950 g	30.3%	9.1%	<i>NO_x</i>	483.722 g	22.2%	9.5%
<i>#vehículos</i>	633	43.6%	13.7%	<i>#vehículos</i>	439	21.8%	4.7%
<i>tiempo perdido</i>	57307.5 s	57.6%	30.8%	<i>tiempo perdido</i>	30011.9 s	46.2%	25.9%

Fuente: (Perés et al., 2016, p.52)

En la tabla 2-1 se puede observar los resultados del algoritmo evolutivo multiobjetivo, mediante ciclos de semáforos de acuerdo a una programación óptima frente a la real, reduciendo las concentraciones de: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y material particulado (PM) (Perés et al., 2016, pp.41-55).

También algunas pruebas experimentales se han desarrollado para estudios con poblaciones bajas o de manera centrada en el aporte de contaminantes a la atmósfera. Valencia-Arroyave et al. (2015, pp.22-39), en la investigación de campo denominada: Modelo para la estimación de emisiones vehiculares como herramienta para la gestión ambiental institucional, desarrollada en Bogotá (Colombia), se han propuesto como objetivo estimar las emisiones semanales por las actividades en un campus universitario mediante el desarrollo de un modelo. Tomando como información características de los vehículos y rutas de desplazamiento hacia la institución, en esta se incluyó toda la comunidad administrativa, estudiantil y demás servicios. Resultando del método aplicado por los investigadores, que la institución educativa aporta con el 0.025% de las emisiones a nivel de la ciudad, como se aprecia en la tabla 3-1. Dando como conclusión al estudio, la aplicación de los métodos simplificados para generar planes de un transporte más amigable al ambiente, ya que pequeños resultados hacen relevante el problema de contaminación.

Tabla 3-1: Relación de emisiones entre la ciudad y el instituto universitario

	CO	MP	VOC	NOX
Valle de Aburrá (Ton/año)	166,89	2,37	25,65	29,32
Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia (Ton/año)	10,06	0,54	2,06	6,04
Porcentaje	0,006%	0,023%	0,008%	0,021%

Fuente: (Valencia-Arroyave et al., 2015, p.31)

1.5.5.1. Pruebas dinámicas IM 240

La medición de los gases de escape para el posterior análisis de sus concentraciones, existen varios tipos de ensayos a seguir, diferentes condiciones en los parámetros y funcionamiento del motor. Las pruebas dinámicas es una de las que se acercan más a los valores reales de contaminación cumpliendo protocolos internacionales para su respectiva evaluación, ya que simula un estado de conducción variando velocidades y cargas al motor (Antamba et al., 2016, p.113) .

El ciclo de conducción estándar IM-240 forma parte del ciclo FTP-75, el cual es un ensayo dinámico realizado en un dinamómetro de chasis y con un analizador de gases (figura 7-1), dispuesto por Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), destinada para automotores medianos y livianos, que pueden ser a diésel o gasolina (Tipanluisa et al., 2019).

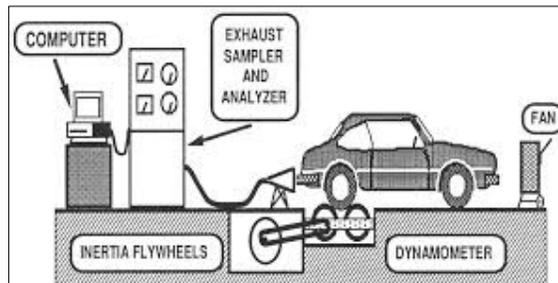


Figura 7-1: Prueba dinámica

Fuente: (Mickelsen y Clemmens, 1994)

Urbina et al. (2017), en su investigación sobre análisis de las emisiones vehiculares, utiliza el ciclo IM 240 para las pruebas en laboratorio, el protocolo sigue un patrón de conducción simulando transporte, tráfico y cargas. El protocolo de la prueba experimental es un análisis rápido para vehículos usados, el cual establece sigue un proceso el cual simula una conducción a velocidades mínimas y máximas (47.3 km/h – 91.2 km/h), una distancia recorrida de 3.1 km y una duración total de 240 segundos como se muestra en la gráfico 8-1 (Rocha-Hoyos et al., 2018).

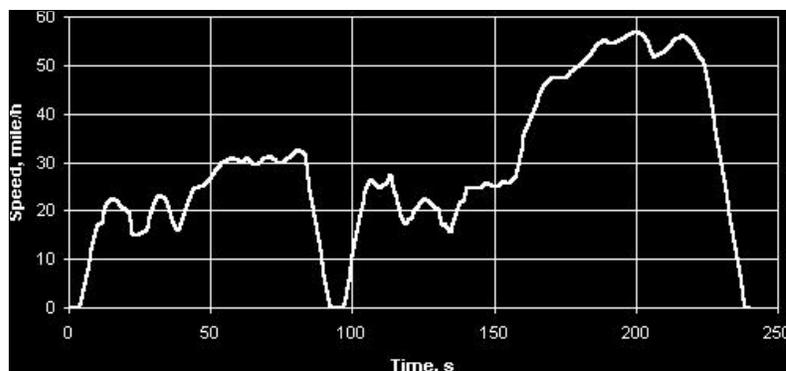


Gráfico 8-1: Ciclo IM 240

Fuente: (US EPA, 2015a)

Rocha-Hoyos et al. (2018, pp.102-106), señala que, en los resultados de pruebas dinámicas realizadas en una investigación experimental, como se observa en el gráfico 9-1, se ha destacado que en las pruebas dinámicas habido una reducción de los contaminantes frente a las pruebas estáticas, aunque igual no cumplen con los valores permitidos en la normativa INEN 2204. Teniendo así los siguientes factores de emisión estimados en el análisis 0.09 g/km en NOx, 0.58 g/km en CO y 0.01006 g/km en HC. La aceptación de esta metodología de pruebas se basa en la correlación de los factores de emisión estudiados del dinamómetro con un ciclo (Urbina et al., 2017).

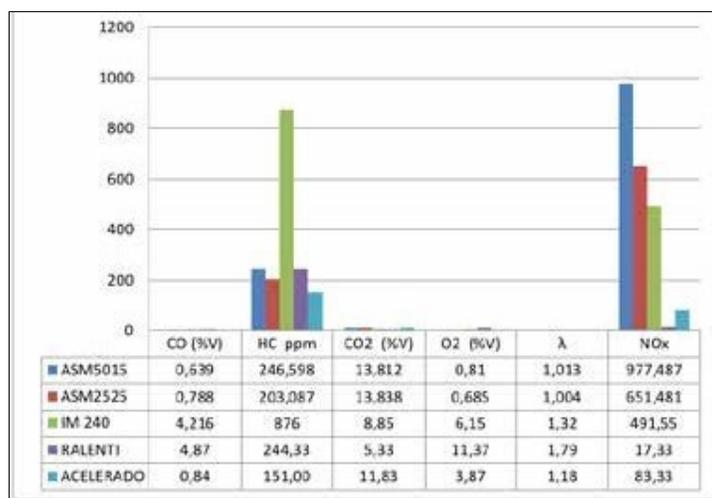


Gráfico 9-1: Comparación de concentraciones de contaminantes

Fuente: (Rocha-Hoyos, Zambrano, et al., 2018, p.105)

1.5.5.2. Factores de emisión (FE)

Los factores de emisión es un método generalmente aplicado en el sector industrial, comunidad científica y organismos gubernamentales, por lo que pueden registrar y relacionar la cantidad de un contaminante expuesto con diversas actividades causante de las emisiones (EPA, 2018). Los factores se expresan generalmente con la masa del contaminante dividido ya sea en volumen (gr/l

de combustible), en peso (gr/kg de combustible), por unidad de energía (gr/J), por distancia recorrida (gr/km), entre otras (INECC, 2014). Según Ramirez et al. (2019, p.73), las fuentes móviles como los vehículos, son emisores directos o indirectos de gran cantidad de contaminantes, por ello se necesita de factores de emisión de la actividad vehicular para la construcción de inventarios de emisiones.

Los factores de emisión obtenidas de automotores dependen del combustible que utiliza, los componentes tecnológicos para control de las emisiones, condiciones de operación del vehículo, condiciones ambientales, estado del motor y sistemas relacionados. La metodología generalmente seguida para la determinación de estos factores parte desde una clasificación de los vehículos como se observa en la gráfico 10-1, así con la ayuda de equipos especializados y métodos apropiados se pueden obtener resultados para los inventarios (EPA, 2018). Los métodos aplicables para fuentes móviles son:

- Dinamómetro de chasis
- Equipo a bordo
- Túnel o calle cañón
- Modelación inversa
- Uso de modelos (MOVES, COPERT, IVM)

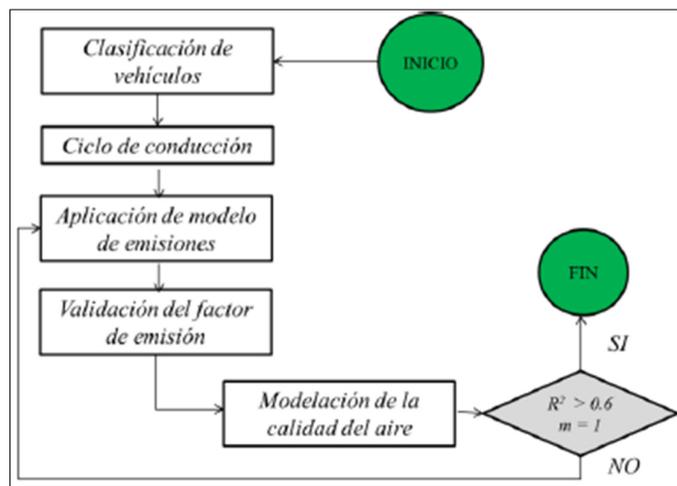


Gráfico 10-1: Método de determinación de factores de emisión en fuentes móviles

Fuente: (EPA, 2018)

Internacionalmente se aplican uno o varios métodos para la obtención de factores de emisión, esto para la actualización de datos de inventarios para aplicar medidas de control e implementar normativas ambientales de acuerdo a la muestra de cada país. Ramirez et al. (2019, pp.73-82), en su

estudio en la ciudad de Bogotá (Colombia), emplea el modelo MOVES para la obtención de una nueva base de datos más actualizada, para la calidad de combustibles y la renovación del parque automotor. El modelo aplicado se basó de información local como: actividad vehicular, valores de velocidades, datos meteorológicos, calidad del combustible, distribución vial y edad del automotor. Los FE se compararon con la antigua base de datos y la resultante del estudio (tabla 4-1), resultando una reducción significativa de CO (-65%), NOx (-20%), SO2 (-87%), VOC (-62%), y un aumento de PM2.5 (+ 15%) y CO2 (+28%).

Tabla 4-1: Relación de emisiones en Bogotá 2012 -2014

Pollutant	Emissions (tons/yr)		
	2012	2014	%change
CO2	10 458 221	13 438 647	+28%
CO	866 445	300 969	-65%
NOx	66 540	53 313	-20%
VOC	91 885	34 906	-62%
PM2.5	1 163	1 340	+15%
SO2	14 109	1 860	-87%

Fuente: (Ramirez et al., 2019, p.79)

En el Ecuador para el inventario de emisiones contaminantes, se realiza mediante la revisión técnica vehicular implementada en varias ciudades más pobladas. Este tipo de análisis se lo realiza mediante pruebas dinámicas y/o pruebas estáticas, las cuales también influyen en investigaciones. En una investigación realizada en la ciudad de Quito, señala que los factores de emisión de vehículos que se ha utilizado en el DMQ, se basan de inventarios de emisiones de la ciudad de México (Vega et al., 2015, p.87). Por ello destaca que se debe aplicar modelos del uso de factores de emisión de forma local para reducir los niveles de incertidumbre.

En la capital del Ecuador, en la actualización de los inventarios de emisiones, se viene gestionando nueva información, estadísticas de ventas, actualización del parque vehicular, magnitud del tráfico, propiedades de los combustibles y factores de emisiones registrados en la Revisión Técnica Vehicular (CORPAIRE, 2014). Vega et al. (2015, pp.82-90), en la aplicación de un método adaptado cualitativo Data Attribute Rating System (DARS), han resultado nuevos datos de acuerdo los cuales presentan menor incertidumbre con respecto a los inventarios. Por lo que se puede deducir que existe un leve incremento respecto al anterior método (gráfico 11-1), CO 86.3 % (102.6 kt/año), Nox 60.6 % (13.3 kt/año) y COVNM 77.0 % (1.9 kt/año).

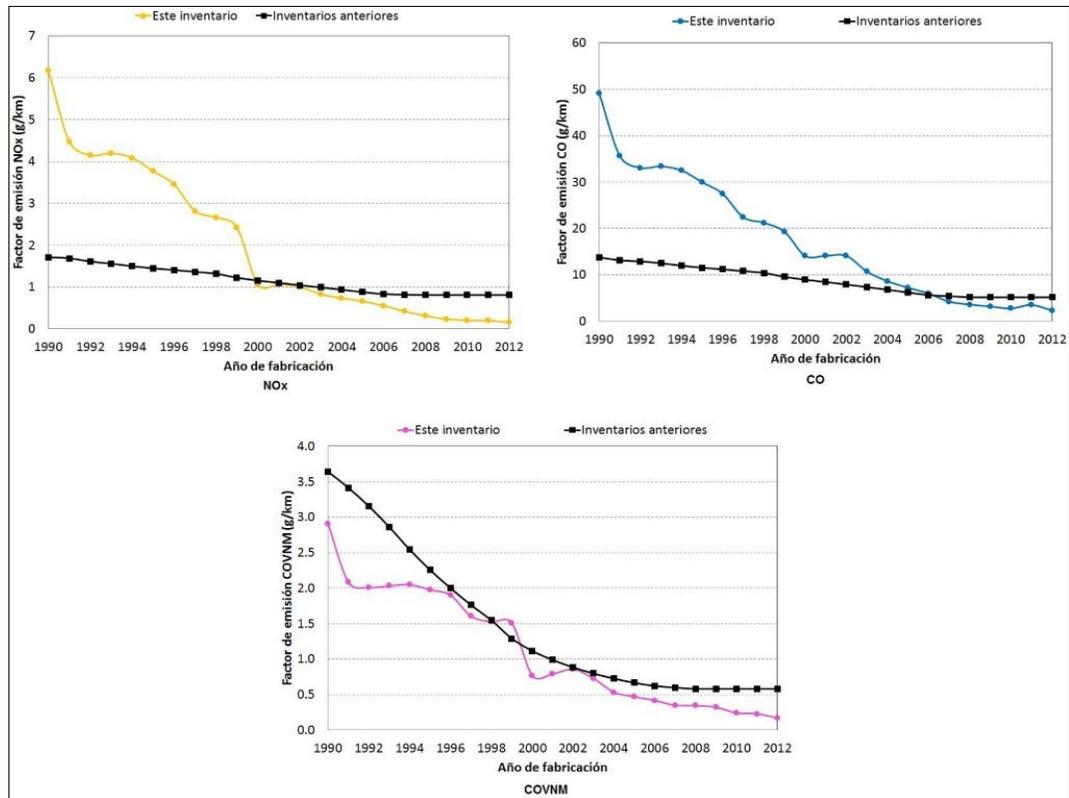


Gráfico 11-1: Relación de factores CO, NOx y COVNM entre el inventario actual y el antiguo

Fuente: (Vega et al., 2015, p.85)

1.5.5.3. Combustibles comercializados en Ecuador

El combustible es el líquido indispensable por el cual un automotor se pueda trasladar de un lugar a otro, por ello depende de la cantidad y calidad para alcanzar un desempeño óptimo del motor de combustión interna. La gasolina es el combustible más vendido a nivel mundial, por el año 2017 en el Ecuador se vendieron cerca de 105701 automotores del cual el 77.6% representa a los vehículos propulsados a gasolina. (CINAE citado en Rocha-Hoyos et al., 2019, p.28)

Una de las característica que tiene la gasolina es su octanaje, la cual es la capacidad antidetonante que se produce en el motor cuando el cilindro tiende a comprimirse (Petroecuador, 2018). De acuerdo con Llanes et al. (2018, p.149), la gasolina Súper contiene 93 octanos y tanto la gasolina Extra como la Ecopais poseen 87 octanos, la diferencia es que la Ecopais tiene 5% de etanol que proviene de la caña de azúcar por lo que se considera un biocombustible.

En distintas investigaciones de los combustibles comercializados en el país se reflejan múltiples estudios sobre análisis de emisiones contaminantes, las cuales se basan principalmente en la gasolina que las unidades móviles utilizan para su desplazamiento. Como menciona Llanes et al. (2018, pp.149-158), en su estudio sobre los vehículos livianos se procede a evaluar tres tipos de combustible comercializados en el país, se realizaron en una ruta de la ciudad de Quito que se

sitúa a los 2850 msnm mediante la prueba LSD (Least Significant Difference), indicando que no existe diferencia representativa durante la realización del ensayo en las emisiones de HC y NO_x , más no en la de CO como se puede apreciar en la tabla 5-1, dando los mejores resultados en la gasolina Extra.

Tabla 5-1: Ensayo de diversos rangos sobre factores de emisión (Método: 95.0 porcentaje LSD)

Factores de emisión	Casos	Media	Grupos Homogéneos
EXTRA EFHC [gHC/km]	5	0.0606	X
ECO EFHC [gHC/km]	5	0.0766	X
SÚPER EFHC [gHC/km]	5	0.086	X
EXTRA EFNO _x [gNO _x /km]	5	0.1372	X
ECO EFNO _x [gNO _x /km]	5	0.2052	X
SÚPER EFNO _x [gNO _x /km]	5	0.2638	X
EXTRA EFCO [gCO/km]	5	3.1196	X
SÚPER EFCO [gCO/km]	5	4.8132	X
ECO EFCO [gCO/km]	5	5.7034	X

Fuente: (Llanes et al., 2018, p.156)

1.5.5.4. Efecto de la altura en las concentraciones de gases

A medida que las unidades móviles van ascendiendo en relación con la altura, el motor va perdiendo potencia y esto se debe a la presión atmosférica en la que se encuentre el automotor, se conoce que a mayor altitud se tiene menos cantidad de oxígeno y por consiguiente aumenta el consumo de la gasolina y la emisión de gases contaminantes. En nuestro país se tiene diferentes condiciones geográficas y es por ello que en algunas ciudades se puede apreciar de mejor manera la eficiencia de los motores de combustión interna a gasolina que son exclusivos para esa región. Cabe indicar que en el Ecuador, las ciudades de la región andina van desde 2500 metros hasta 3264 metros sobre el nivel del mar. (Varela y Ron, 2019)

En su estudio Rivera et al. (2017b, pp.59-67), sobre el comportamiento de un motor ciclo Otto respecto al adelanto de encendido en altura, optimizó los parámetros de funcionamiento respecto a las prestaciones del vehículo y reducción de concentraciones de gases contaminantes. Utilizó un planteamiento práctico factorial entre dos cotas incluyendo puntos intermedios para definir la influencia en la gasolina Súper y Extra. Mejorando el valor de α y λ como se aprecia en la tabla 6-1 en la utilización de la gasolina súper se obtiene un incremento significativo en la potencia del motor de hasta un 1,59 % reduciendo los gases contaminantes de HC, NO_x en 8% y 5.87% respectivamente, mientras que el consumo específico está en 1.05%, elevándose con 23.33% de CO que separa el límite impuesto por la normativa.

Tabla 6-1: Mejoramiento de rendimientos en la gasolina

Factor	Unidad	Condición normal	Óptimo súper	Óptimo extra
η	Rpm	2500	2500	2500
C	%	100	100	100
Λ	-	1	0,992	0,997
α	°	0	1,16	-0,26
R	RON	91,3	91,3	81,9
P	kW	29,51	29,98	29,47
F	N	1477	1500	1474
CO	%	0,6	0,74	0,51
HC	ppm	25	23	44
NOx	ppm	971	914	661
O ₂	%	0,56	0,65	0,59
CO ₂	%	15,01	14,98	14,95
C _{esp}	g/kWh	342,27	338,68	356,4

Fuente: (Rivera et al., 2017b, p.63)

Del mismo modo indican en su ensayo Calero et al. (2018, pp. 41-44), se analizó los gases contaminantes a una altitud de 2850 msnm mediante un trayecto establecido para la evaluación de Oxígeno en el ambiente que se produce de la gasolina a base de etanol. A través de la prueba On Board con tres vehículos y dos tipos combustible como Extra y Ecopaís. Con la adición del etanol en el combustible y su funcionamiento del motor a la altura antes mencionada, se obtuvieron excelentes resultados en la conducta referente al coeficiente de emisión de CO y HC, más no con NOx. Como se indica en el gráfico 12-1 en la utilización de los dos combustibles, el vehículo MAZD 2,2 se mantiene estable durante la trayectoria en el intervalo aproximado de 13% CO₂ con un factor lambda de 1.

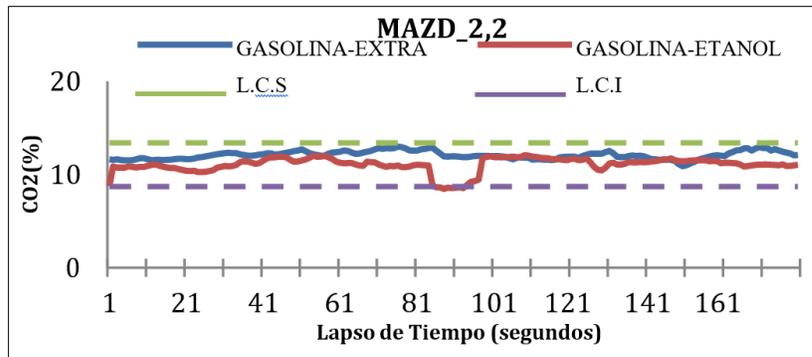


Gráfico 12-1: Porcentaje de gases de escape con gasolina extra y combustible de etanol

Fuente: (Calero et al., 2018 p. 43)

1.5.6. Normativas implementadas para el control y reducción de emisiones vehiculares

Las normativas para el control y reducción de emisiones vehiculares se aplican a fuentes móviles terrestres con más de tres ruedas y que utilizan combustibles fósiles, para establecer los límites permisibles de emisiones contaminantes y sin perjuicio de los rendimientos automotores, con el fin de preservar la vida humana, animal, vegetal y ambiental (INEN, 2017).

1.5.6.1. Nivel internacional

Dependiendo del país en la que se encuentran los automotores, se rigen ciertas normativas que ayudan al monitoreo de los gases contaminantes entre las normas conocidas se tiene: Euro (provenientes de la Unión Europea), EPA (usadas comúnmente en Estados Unidos), NOMS (aplicadas en México) y Decreto 211 (utilizada en Chile). En los siguientes apartados se especificarán más de las dos primeras mencionadas anteriormente por el avance tecnológico que se tienen tanto del vehículo como los equipos de medición en esas regiones (Torres y González, 2017 pp. 83-105).

Las normativas Euro manejan el intervalo de gases contaminantes admisibles en automotores livianos, tráiler, metro y maquinaria pesada a gasolina excepto barcos y aviones. En la siguiente tabla 7-1 se distingue con letras: M1 para los automotores de traslado de usuarios con máximo de 8 lugares y N1 para automotores de carga pesada con menos de 3,5 toneladas métrica. Además de la evolución de la norma.

Tabla 7-1: Intervalos de gases contaminantes en automotores a gasolina

LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PARA VEHÍCULOS A GASOLINA							
NORMA TIPO	FECHA EMISIÓN	CATEGORIA VEHICULO	CO (en gr/Km)	HC (en gr/Km)	NOx (en gr/Km)	HC + NOx (en gr/Km)	PM (en gr/Km)
EURO 1	jul-92	M1	2,72			0,97	
EURO 1	jul-92	N1	6,9			1,7	
EURO 2	ene-96	M1	2,2			0,5	
EURO 2	ene-96	N1	5			0,8	
EURO 3	ene-00	M1	2,3	0,2	0,15		
EURO 3	ene-00	N1	5,22	0,29	0,21		
EURO 4	ene-05	M1	1	0,1	0,08		
EURO 4	ene-05	N1	2,27	0,16	0,11		
EURO 5	sep-09	M1	1	0,1	0,06		0,005
EURO 5	sep-09	N1	2,27	0,16	0,082		0,005
EURO 6	sep-14	M1	1	0,1	0,06		0,005
EURO 6	sep-14	N1					

Fuente: (Miranda, 2016 pp. 27-28)

Las normativas EPA monitorean los gases contaminantes provenientes de la gasolina en los automotores que a la vez inciden en la salud de las personas, en la siguiente tabla 8-1 se aprecia la utilización de las mismas, organizando a los automotores según el peso en automotores livianos (LDV), camiones livianos (LDT), entre otros. Recalcando el intervalo de gases contaminantes admisibles en los automotores, excluyendo híbridos o de poca emanación.

Tabla 8-1: Intervalo admisible de emanación para automotores y camiones livianos

LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIONES PARA VEHÍCULOS Y CAMIONES LIGEROS							
TIPO VEHICULO	VIDA UTIL	NMOG (gr/mi)	NOx (gr/mi)	CO (gr/mi)	FORMALDEHÍ DOS (gr/mi)	PM (gr/mi)	
LDV	Intermedia	0,125	0,4	3,4	0,015		
	Completa	0,156	0,6	4,2	0,018		
LDT	LLDT	Intermedia	0,16	0,7	4,4	0,018	
		Completa	0,2	0,9	5,5	0,023	0,08
	HLDT	Intermedia	0,195	1,1	5	0,022	
		Completa	0,23	1	6,4	0,027	0,1
LLDT: Camión super ligero de 1 a 6000 libras de peso máximo HLDT: Camión ligero de 6000 a 8500 libras de peso máximo NMOG: Gas orgánico, no metano PM: Sólo se aplica a vehículos diésel							

Fuente: (Miranda, 2016 pp.28-29)

1.5.6.2. Nivel nacional

El Reglamento Técnico Ecuatoriano ante la aplicación de las Normativa sobre emisiones contaminantes rige la RTE INEN 017: Control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres, del cual se derivan las normas NTE INEN 2203: Medición de emisiones de gases de escape en motores de combustión interna y NTE INEN 2204: Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina. Estas normativas son aplicadas para la matriculación vehicular en el territorio nacional como lo establece la norma NTE INEN 2349: Revisión técnica vehicular (Tipanluisa et al., 2017, p.4; Cárdenas Cárdenas et al., 2020, p.7).

En nuestro país la normativa que está vigente es la INEN 2204 que regula los automotores a gasolina e indican el intervalo admisible para las emisiones de gases contaminantes, es decir que durante el funcionamiento en ralentí y condiciones bajo carga no se deben exceder a los límites estipulados de HC, CO y NOx para aprobar la revisión técnica vehicular (Miranda, 2016).

Según el ensayo por Celi et al. (2018, pp.1-9), se define la dispersión de gases contaminantes que provienen de la gasolina Súper y biocombustible E50 a través de la prueba estacionaria utilizando el método NTE INEN 2004 junto con la prueba de ciclo de conducción IM240, a partir de protocolos en ensayos predeterminados por el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) en Quito-Ecuador. En el gráfico 13-1 se pueden apreciar resultados demostrando que el biocombustible E50 emite poca cantidad de CO, HC a la atmósfera en comparación con la gasolina súper, que produce mucha cantidad de NOx. Haciendo énfasis que para los ensayos dinámicos se evidencia la agrupación de varios valores de las emisiones dotadas por el motor en función del tiempo. La memoria del dinamómetro almacena 10 datos por cada segundo del ciclo IM240.

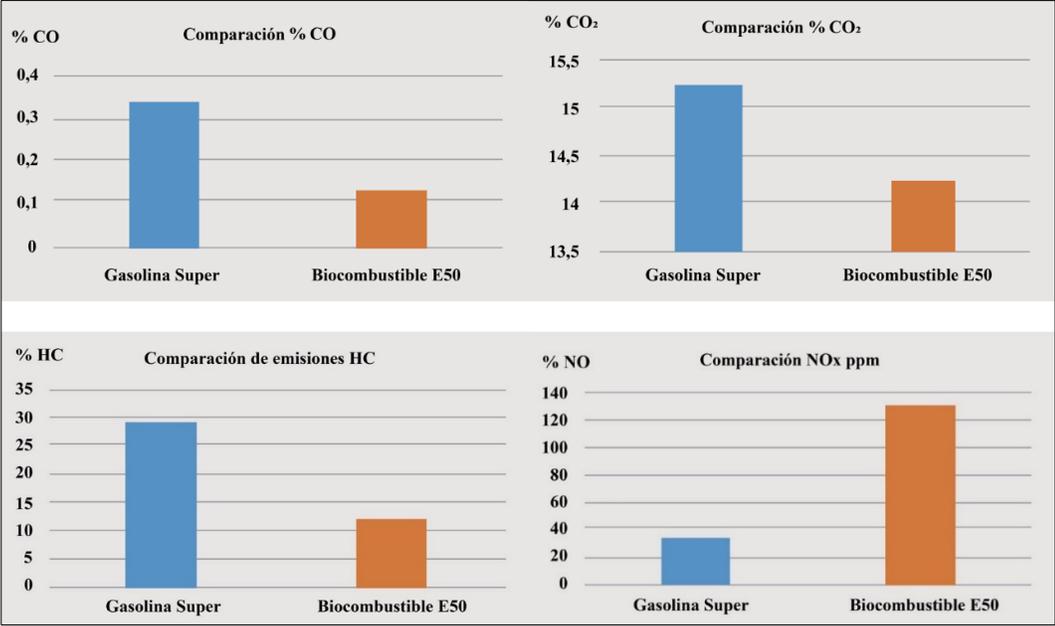


Gráfico 13-1: Resultados de pruebas dinamicas con gasolina super y biocombustible

Fuente: (Celi et al., 2018)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Diseño metodológico

2.1.1. *Tipo de investigación*

Una vez definido el tema de estudio y sus objetivos, se debe preparar el camino en busca de posibles soluciones mediante la recolección de conocimientos en la plataforma virtual para el problema citado anteriormente, se dice que la investigación es descriptiva ya que trata de interpretar las principales peculiaridades que se producen en la problemática, y de la misma manera es de tipo explorativa por lo que se encarga de examinar nuevos datos y elementos que ayudarán con mayor precisión a responder las interrogantes de la investigación.

- **Explorativa:** es cuando se realiza en un ámbito poco conocido, donde resulta que la presente investigación será de mucho aporte para nuevas problemáticas y a la vez ayudará para cuidar tanto el ecosistema que nos rodea como la vida de muchas personas.
- **Explicativa:** es la que estudia la fundamentación teórica de los hechos y por lo general saben usar la relación causa-efecto, es decir utilizan investigación postfacto (causa) e investigación experimental (efectos) mediante la aplicación de una hipótesis donde los resultados y conclusiones es el extracto del conocimiento.

2.1.2. *Estructura del método*

La estructura del método a seguir para la investigación se resume en el gráfico 1-2, donde se presentan las relaciones con cada uno de los temas incluidos para la obtención de resultados de las pruebas y su posterior análisis y discusión. Las normativas son fundamentales en el estudio ante los parámetros permisibles que deben tener los gases emitidos por un vehículo, a partir de la determinación de los factores de emisión, las cuales son calculadas a partir de las concentraciones volumétricas que resultarán de la simulación del ciclo estándar de conducción y el consumo de combustible (Recalde y Revelo, 2015).

Al momento de realizar el ensayo se tendrá que calcular el número de vehículos que serán óptimos para lograr un análisis efectivo, tomando en cuenta el tamaño de la población y la variabilidad que puede existir entre las variables (Caiza y Portilla, 2010). Posteriormente se tiene que hay un antes, durante y después del proceso de los ensayos, estos estarán descritos detalladamente a continuación para su comprensión. Teniendo como resultado de la metodología aplicada la comparación de los promedios de las repeticiones en cada prueba, las cuales serán entre los dos tipos de combustibles utilizados y entre las principales normas vigentes en el país.

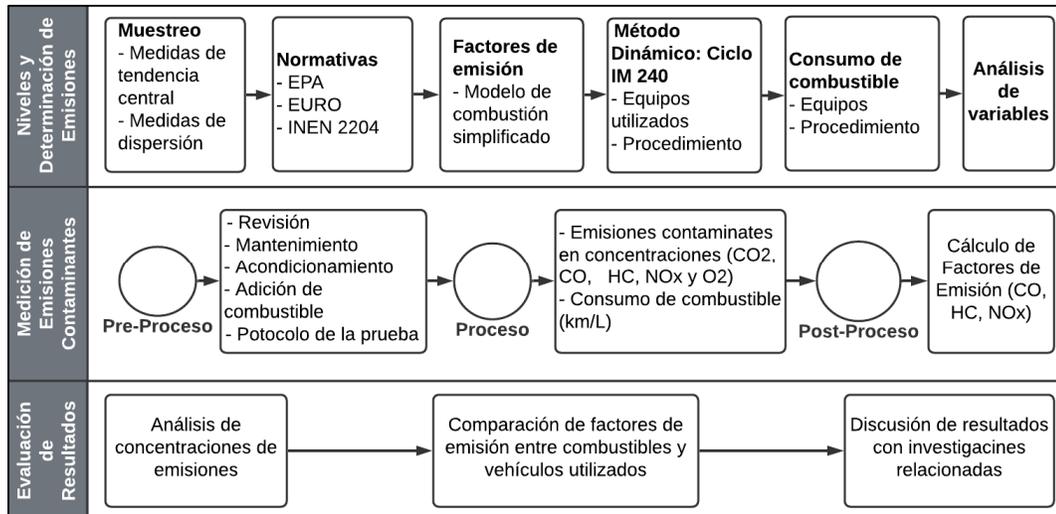


Gráfico 1-2: Estructura de la metodología

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Es el conjunto de valores que pueden ser medibles y elegibles para la determinación de un tamaño de muestra dentro de una investigación, en nuestro caso son los niveles de consumo del combustible y los datos de los gases contaminantes como: CO, NO_x, HC, CO₂, NO, O₂ (Rojas y Revelo, 2015).

2.2.2. Muestra

Es un subconjunto de la población universal, nos brindará la información real y evita gastar tiempo y dinero. La finalidad del muestreo estadístico es entender el nivel de investigación donde la precisión dependerá del margen de error (Recalde y Revelo, 2015).

2.2.3. Medida de tendencia central

Es el promedio de una distribución normal, las cuales se denominan medidas de tendencia central.

Media: Es la sumatoria de todos los valores reales que se producen en la medición de una variable dividido para el número total de valores analizados (Miranda, 2016):

$$\text{Media (X)} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (2.1)$$

2.2.4. Medida de dispersión

Analiza la distribución normal de datos, examinando si los mismos se encuentran inmersos o dispersos.

Rango: Es la diferencia que se produce entre los valores máximos y mínimos de un cumulo de datos, su desventaja es que no considera la forma en que los valores fluctúan (Recalde y Revelo, 2015):

$$R = X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n} \quad (2.2)$$

2.3. Tamaño de la muestra

Es una muestra representativa que se obtiene de la poblaci3n, deben ser acorde con el nivel de confiabilidad y el objetivo planteado en la investigaci3n.

2.3.1. Muestreo probabilístico

Proporciona fórmulas para precisar los límites del intervalo de confianza, error estándar, exactitud, precisión, etc. Basándose en el principio equiprobable y dependiendo de: nivel de confianza, grado de variabilidad del atributo, nivel de precisión (Miranda, 2016).

2.3.1.1. Nivel de confianza

Es la probabilidad en donde el valor real debe estar entre el intervalo de confianza, por lo general es de 95%, en otras palabras, es la credibilidad de los datos de la investigaci3n, tal como se muestra en la tabla 1-2 y figura 1-2.

Tabla 1-2: Valores de Z de acuerdo al nivel de confianza

Nivel de confianza %	85.0	86.0	87.0	88.0	89.0	90.0	95.0	99.0
Valor de Z	1.44	1.48	1.51	1.55	1.60	1.65	1.96	2.58

Fuente: (Miranda, 2016)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

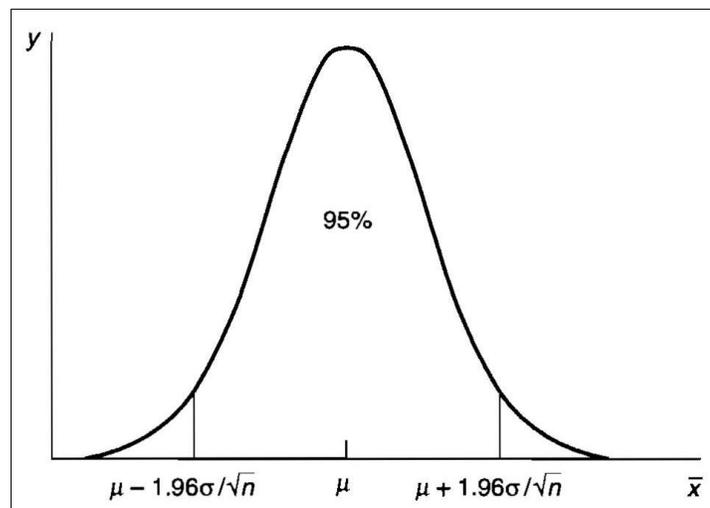


Figura 1-2: Distribuci3n normal de nivel de confianza

Fuente: (Miranda, 2016)

2.3.1.2. Nivel de precisión:

Más conocido como error muestral, es la anchura de límites que se basa en el valor real de la población, mientras menor sea el error muestral mayor es el nivel de exactitud. Por lo general no supera el 10% y evitan una estimación no deseada (Miranda, 2016).

2.3.1.3. Grado de variabilidad:

Es la probabilidad de que la muestra unitaria inmersa en el tamaño de muestra sea homogénea o heterogénea en un conjunto de puntuaciones. En una muestra poblacional enteramente homogénea, el valor del tamaño de muestra es 1, mientras que en la heterogénea basta que tenga la propiedad analizada al menos 50% de la población y no se sabe el patrón de comportamiento del resto (Guillen et al., 2011, pp.89-105).

$$n = \frac{z^2 * p(1-p)}{\epsilon^2} \text{ para muestra } > 100000 \quad (2.3)$$

$$n = \frac{z^2 * p(1-p) * N}{(N-1)\epsilon^2 + z^2 * p(1-p)} \text{ para muestra finita} \quad (2.4)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

z = intervalo de confianza

p = variabilidad positiva

ϵ = error de estimación

N = tamaño de la población

2.3.2. Determinación del parque automotor del Ecuador

En la presente investigación se ha elegido estudiar vehículos con motor de encendido provocado o ciclo Otto, utilizando gasolina Extra y Ecopaís, por lo tanto, la población debe reducirse hacia automotores que consuman este tipo de combustible. El cálculo del tamaño de la muestra parte de la determinación del parque automotor existen en el Ecuador, para así elegir el número de vehículos a estudiar. En la tabla 2-2 se presenta las ventas anuales de vehículos en el país, tomado desde el 2002 hasta 2019, que es el último año publicado en estadísticas de la AEADE. El año base es referente a la Norma INEN 2204, la cual se puso vigente en el año 2002, por ello todo tipo de vehículo a gasolina tenía que aprobar dichos parámetros previo a la matriculación.

Tabla 2-2: Composición de las ventas de vehículos en Ecuador 2002-2019

COMPOSICIÓN DE LAS VENTAS EN ECUADOR EN UNIDADES, 2002-2019					
Año	Ensamblaje Local	%	Importación	%	TOTAL VEHÍCULOS
2002	21047	30.34%	48325	69.66%	69372
2003	22768	39.19%	35327	60.81%	58095
2004	22230	37.58%	36921	62.42%	59151
2005	29528	36.72%	50882	63.28%	80410
2006	31496	35.17%	58062	64.83%	89538
2007	32591	35.51%	59181	64.49%	91778
2008	46782	41.52%	65902	58.48%	112684
2009	43077	46.44%	49687	53.56%	92764
2010	55683	42.13%	76489	57.87%	132172
2011	62053	44.36%	77840	55.64%	139893
2012	56395	46.44%	65051	53.56%	121446
2013	55509	48.77%	58303	51.23%	113812
2014	60273	50.20%	59784	49.80%	120057
2015	44210	54.37%	37099	45.63%	81309
2016	31738	49.94%	31817	50.06%	63555
2017	40189	38.25%	64888	61.75%	105077
2018	37276	27.09%	100339	72.91%	137615
2019	25663	19.41%	106545	80.59%	132208

Fuente: (AEADE, 2020a, p.93)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

En el gráfico 2-2 se puede visualizar las altas y bajas en las ventas anuales, registrándose las ventas más bajas en el año 2003 y las más altas en el año 2011 (AEADE, 2020a, p.93). Mediante estas cifras se puede decir que la venta de diferentes marcas y modelos de vehículos ha ido en aumento en los últimos años y por ende el crecimiento del parque automotor. Así mismo a resultado avanzar con estudios de niveles de contaminación emanados por dichos automotores, para que dicho incremento no afecte al medio ambiente y pueda ser controlado.

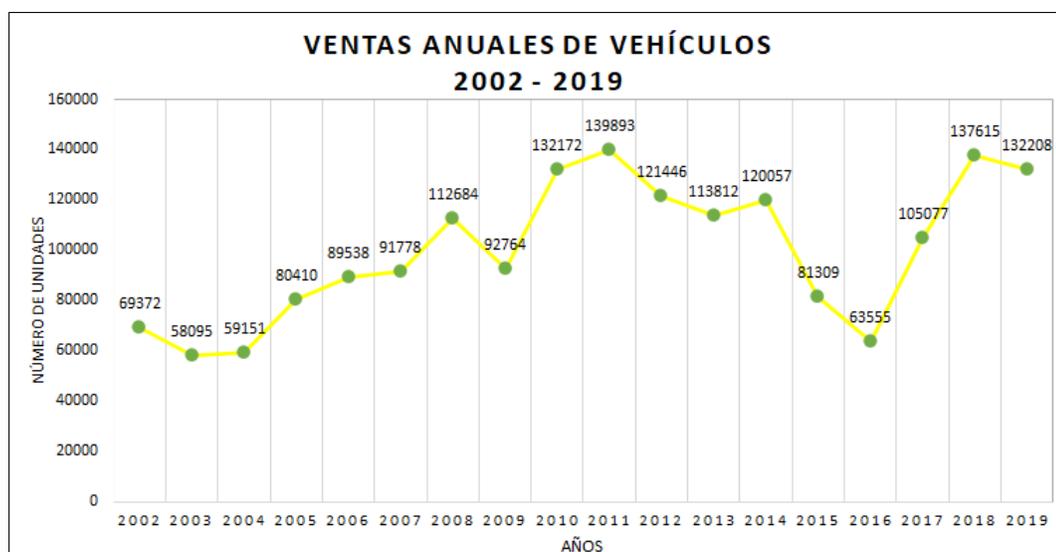


Gráfico 2-2: Ventas anuales de vehículos en Ecuador 2002-2019

Fuente: (AEADE, 2020a, p.93)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

El total de vehículos vendidos en Ecuador desde el 2002 hasta el 2019, es de 1' 800 936 unidades de diferentes categorías, como se muestra en la tabla 3-2 (AEADE, 2020a, p.96).

Tabla 3-2: Ventas anuales de vehículos por segmento en Ecuador 2002-2019

VENTAS ANUALES DE VEHÍCULOS POR SEGMENTO EN UNIDADES, 2002-2019							
Año	Automóviles	SUV'S	CAMIONETAS	CAMIONES	VAN'S	BUSES	TOTAL VEHÍCULOS
2002	29296	12910	16103	7290	2664	1109	69372
2003	27565	9050	14113	3837	2947	583	58095
2004	28474	10009	14198	3557	2372	541	59151
2005	41695	12647	17734	5264	2054	1016	80410
2006	42932	15948	19251	8669	1563	1175	89538
2007	38565	19769	20660	9570	1917	1297	91778
2008	46846	22710	27963	11521	2207	1437	112684
2009	35869	24727	21336	7919	1895	1018	92764
2010	57278	32972	27808	9180	3702	1232	132172
2011	62585	31712	27469	10788	5678	1661	139893
2012	53526	27118	23922	10954	4463	1463	121446
2013	47102	27067	22047	11085	5159	1352	113812
2014	47596	31025	23262	11594	5199	1381	120057
2015	30297	21804	15088	8196	4259	1665	81309
2016	27760	17057	11070	3948	2298	1422	63555
2017	45696	33739	15200	5722	2866	1854	105077
2018	58854	45139	19464	7844	4407	1907	137615
2019	54192	45266	18406	7907	4678	1759	132208
TOTAL, DE UNIDADES DE VEHÍCULOS DESDE EL 2002 HASTA EL 2019							1800936

Fuente: (AEADE, 2020a, p.96)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

En la tabla 4-2 se ha dividido el número de vehículos en grupo de livianos como: automóviles, SUV's, camionetas y VAN's; y grupo de pesados como: camiones y buses. Los vehículos catalogados como livianos se han puesto en circulación en mayor cantidad que los pesados, siendo un 90.63% del total desde el año 2002 hasta el 2019 (AEADE, 2020a, p.96).

Tabla 4-2: Ventas anuales de vehículos livianos y pesados en Ecuador 2002-2019

VENTAS ANUALES EN UNIDADES, 2002-2019			
Año	LIVIANOS	PESADOS	TOTAL VEHÍCULOS
2002	60973	8399	69372
2003	53675	4420	58095
2004	55053	4098	59151
2005	74130	6280	80410
2006	79694	9844	89538
2007	80911	10867	91778
2008	99726	12958	112684
2009	83827	8937	92764
2010	121760	10412	132172
2011	127444	12449	139893
2012	109029	12417	121446
2013	101375	12437	113812
2014	107082	12975	120057
2015	71448	9861	81309
2016	58185	5370	63555
2017	97501	7576	105077
2018	127864	9751	137615
2019	122542	9666	132208
TOTAL	1632219	168717	1800936

Fuente: (AEADE, 2020a, p.96)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

En el grafico 3-2 se diferencian el comportamiento de ambos grupos, donde las ventas de vehículos livianos han variado significativamente, mientras que las ventas de los vehículos pesados se han mantenido estable con una mínima variación (AEADE, 2020a, p.96).

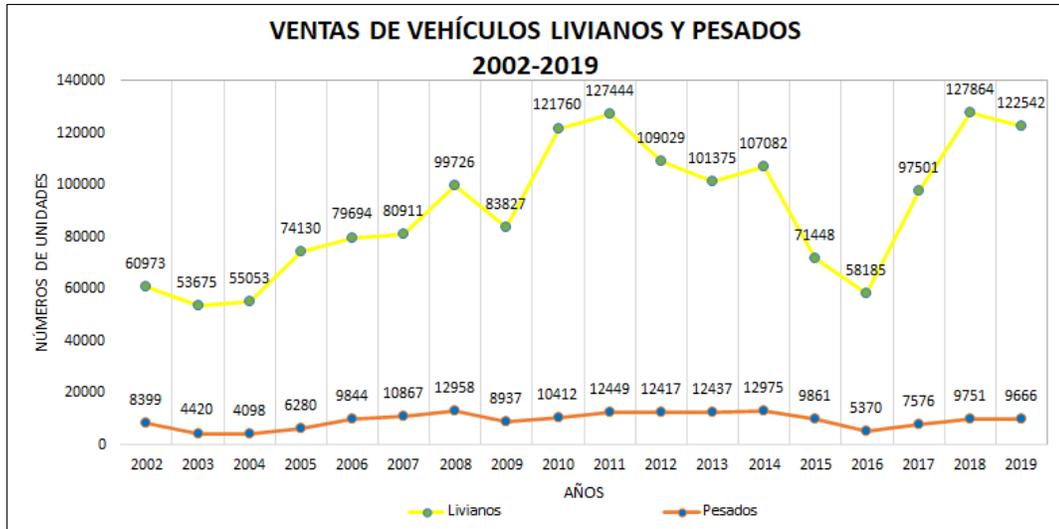


Gráfico 14-2: Ventas anuales por segmentos de vehículos en Ecuador 2002-2019

Fuente: (AEADE, 2020a, p.96)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

La energía que consume un motor de combustión interna y/o eléctrico se denota en 5 grupos como: gasolina, diésel, híbridos, otros no específicos y eléctricos. La gasolina supera a las demás formas de propulsar un vehículo, teniendo un aproximado de 81.93% que utilizan este tipo de combustible como se muestra en el gráfico 4-2 (CINAE, 2020, p.9).

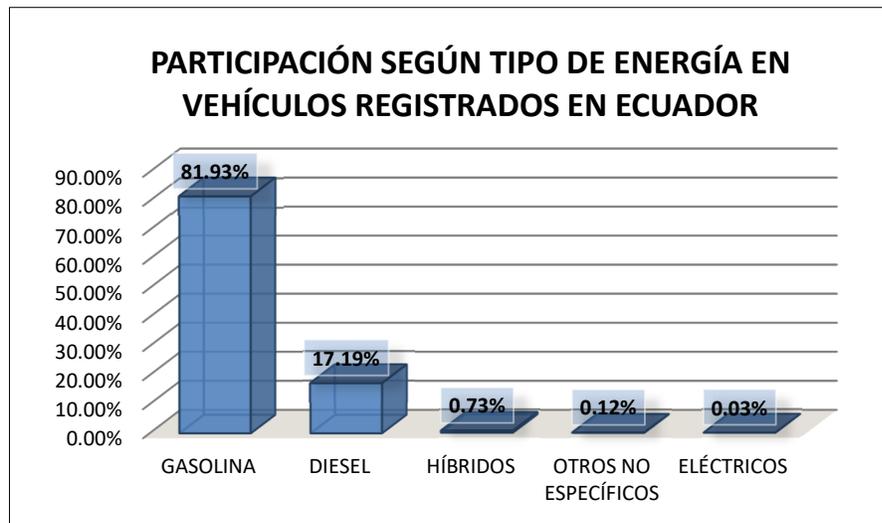


Gráfico 4-2: Tipo de energía consumida por vehículos en Ecuador

Fuente: (CINAE, 2020, p.9)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

La gasolina se divide en tres tipos comercializados en el Ecuador, donde la empresa pública Petroecuador informó que en el 2019 la gasolina Ecopaís y Extra han sido de mayor demanda, en

el gráfico 5-2 se puede comprobar las respectivas proporciones (PETROECUADOR, 2020b). A partir de estas cifras se han designado como variables de estudio a estos dos tipos de gasolinas de mayor expendo, ya que son responsables de la mayor parte de gases producto de la combustión de cada motor que utilice estos carburantes.

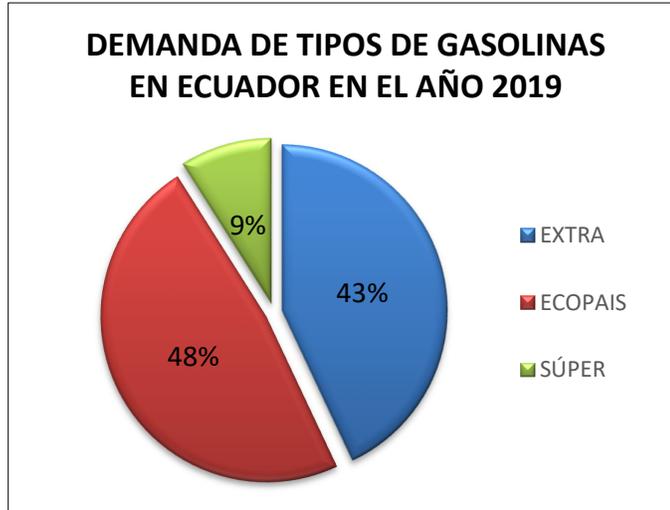


Gráfico 5-2: Demanda de tipos de gasolinas en el Ecuador en el año 2019

Fuente: (PETROECUADOR, 2020b)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

El número de unidades de vehículos a gasolina vendidos en Ecuador desde el 2002 hasta el 2019 se representa en la tabla 2-2, se desglosa a partir de las ventas totales que fueron 1' 800936 como se mencionó anteriormente en la tabla 3-2 (AEADE, 2020a, p.93). La división de la flota vehicular en segmentos presentado en la tabla 4-2 nos ayuda a conocer las unidades de livianos 1'632 219 y pesados 168 717 comercializados en ese periodo de tiempo (AEADE, 2020a, p.96). Generalmente los vehículos livianos se los suele denominar a gasolina, pero algunos modelos tienen su versión a diésel, por lo tanto, con datos estadísticos de la CINAIE en el gráfico 4-2 se puede conocer el porcentaje de combustibles consumidos en el país (CINAIE, 2020). La gasolina tiene un alcance del 81.93%, es decir a 1'337 277 unidades de vehículos y el diésel de 17.19% con 280 578 unidades, siendo valores aproximados (AEADE, 2020a; CINAIE, 2020).

Finalmente, para el cálculo del tamaño de la muestra, es necesario conocer la demanda de los tipos de combustible acotados para la experimentación, teniendo a nivel nacional un consumo de Extra de 43% abordando a 575 029 vehículos, para Ecopais el 48% cubriendo 641 892 vehículos y Súper un 9% con 120 354 vehículos (gráfico 5-2) (AEADE, 2020a; PETROECUADOR, 2020b). Así se obtiene para la investigación una población entre vehículos que utilizan Extra y Ecopais, de 1'216 921 unidades (gráfico 6-2).

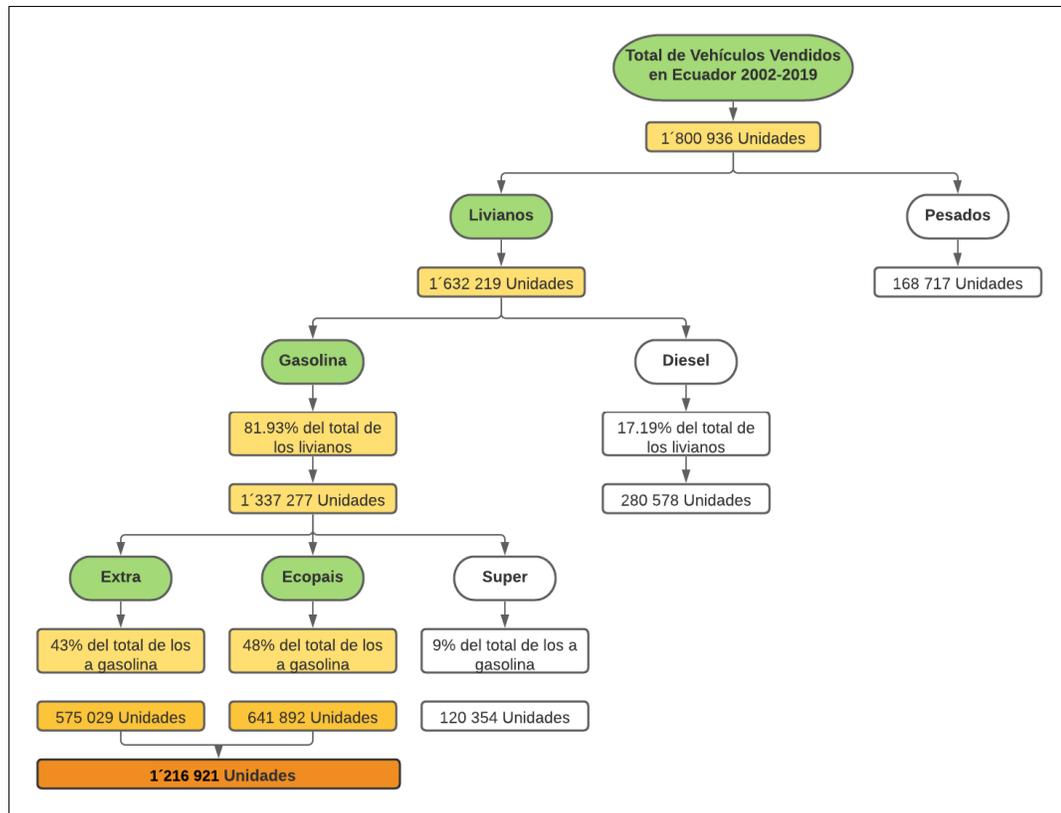


Gráfico 6-2: Determinación de población de vehículos a gasolina Extra y Ecopais

Fuente: (AEADE, 2020a; CINAIE, 2020; PETROECUADOR, 2020b)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

2.3.3. *Estimación del tamaño de la muestra de vehículos con motores de encendido provocado (MEP) a gasolina*

Una vez definido nuestro campo de acción en la selección de automotores de ciclo Otto a gasolina en el Ecuador se procede a la determinación de muestra mediante la ecuación (2.3) para muestras grandes por lo que la población es mayor a 100 000 y no es recomendable usar la ecuación (2.4) para muestras finitas (Recalde y Revelo, 2015).

Nuestra investigación es actualizada sobre el estudio de emisiones vehiculares, ya que en el último año no se han realizado nuevas pruebas sobre los efectos en los gases de escape provenientes de la combustión de estos dos tipos de gasolina. Por lo que es importante considerar ciertos aspectos para futuros ensayos:

- Las especificaciones tecnológicas del parque automotor en el territorio nacional y la normativa vigente de emisiones en automotores NTE INEN 2204:2002 nos permite precisar un tamaño de muestra inferior a 6 (AEADE, 2020a).

- El error de estimación inferido no debe superar el 10%, así que se consideró su valor máximo.
- Entre el conjunto de variabilidad positiva de la estadística se precisa con 99% que consecuentemente en z es 1.55.

$$n = \frac{1.55^2 * 0.99(1 - 0.99)}{0.10^2}$$

$$n = \frac{0.02378}{0.0100}$$

$$n = 2.37 \cong 2$$

2.3.4. *Asignación de la muestra de vehículos*

En el transcurso del año 2019 los autos que fueron vendidos superaron las expectativas, puesto que se observó un incremento de 5% aproximadamente y en especial con las marcas Mazda y Suzuki escogidos para nuestro análisis, ya que las marcas mencionadas ocupan el top 15 entre las más vendidas en el Ecuador, recalcando que en el año 2018 se tuvo una recesión económica puesto que el país se vió afectado por el desastre natural que sacudió al pueblo ecuatoriano, las marcas de los vehículos se pueden apreciar en la Figura 2-2 (AEADE, 2020a).



Figura 2-2: Vehículos de muestra Mazda BT-50 y Suzuki S-Cross

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

Una vez que se estableció la marca de los vehículos a estudiar, se procede a la elección de fuentes móviles por las prestaciones que tengan las que más se asemejen entre ellos, de las cuales se detalló: 4 cilindros (en ambos), casi el mismo neumático (Mazda es R15 y Suzuki R16). En la tabla 5-2 se puede apreciar las especificaciones técnicas de cada vehículo y así mismo la información detallada en el anexo G (AEADE, 2020a).

Tabla 5-2: Especificaciones técnicas de vehículo Mazda BT-50 y Suzuki S-Cross

Marca	Mazda	Suzuki
Modelo / Versión	BT-50 CD / 4x2	S-CROSS / 4x2
Tipo	Camioneta	SUV
Año	2012	2018
VIN	8LFUNY02GCMD04702	TSMYA22SXJM569783
Modelo de motor	F2E SOHC-8V	DOHC MPFI
Cilindrada / # cilindros	2.2 L / 4 cilindros	1.6 L / 4 cilindros
Potencia	99.3 HP@5000 RPM	118 HP a 6000 rpm
Torque	16.8 kg.m@2000 rpm	156 Nm a 4400 rpm
Relación de compresión	8.6:1	11:1
Tracción	Trasera	Delantera
Designación de neumáticos	215/75 R15	215/60 R16

Fuente: (Chevrolet, 2019; Mazda, 2014)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

2.4. Niveles y determinación de emisiones

Las normativas ambientales internacionales y nacionales para el control de emisiones contaminantes controlan sus cantidades emitidas al ambiente, tanto para fuentes móviles, fijas y entre otras. Las fuentes móviles son las de mayor preocupación a nivel mundial, por ello es que se han emitido y actualizado varias normas de acuerdo al avance tecnológico, tamaño y edad del parque automotor (IDEAM, 2020). Algunos países optan por normativas internacionales para ponerlas en vigencia en el propio, ya que la industria automotriz es global se pueden estandarizar las importaciones y exportaciones de vehículos entre países cumpliendo con los valores permisibles de contaminación (Martínez, 2014, pp.3-4).

2.4.1. Normas de emisiones

Las normas sobre emisiones son requisitos para regular los gases nocivos dentro de los límites permitidos, los cuales se dividen en: Hidrocarburos (HC), Óxidos de nitrógeno (NOX), Monóxido de carbono (CO) y partículas (Secretaría de Ambiente, 2019). Todos estos contaminantes están regulados para la mayoría de modelos de vehículos automóviles, camionetas, camiones, buses, tractores, trenes, barcos, aviones, etc. Claro está que para cada categoría se modifican alguno valores por su diferente funcionamiento, pero al final es con el mismo objetivo de cumplirse (Gómez, 2015, p.12). A continuación, se describirá dos principales normas internacionales como es la EPA y la EURO, así mismo la normativa ecuatoriana implementada desde el 2002.

2.4.1.1. Norma EPA

La agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos mediante los estándares federales, regula las emisiones contaminantes ante la contaminación atmosférica. Una de las principales fuentes de contaminación son los vehículos, específicamente los de tipo ligeros, donde existen en mayor cantidad (US EPA, 2017). EPA mediante las Enmiendas a Ley de Aire Limpio (CAAA) en 1990, optaron por definir 3 conjuntos de normas por niveles:

- El nivel 1 se estableció entre 1994 y 1997, pero previamente en 1991 ya se habían publicado. La aplicación de este nivel se centró en vehículos ligeros (LDV) que tengan un peso menor a 8500lb (GVWR).
- El Nivel 2 se definieron en 1999 el 21 de diciembre, para ser establecidas entre el 2004 al 2009. La aplicación de este nivel se amplió a vehículos medianos de pasajeros (MDPV) y un peso entre 8 500 libras a 10 000 libras.
- El Nivel 3 se concluyó en 2014 el 3 de marzo, donde se estableció el 2017 y está vigente hasta el 2025. La aplicación de este nivel se basó en los vehículos pesados donde su peso es hasta 14 000 libras.

Los niveles estandarizados de emisiones se han implementado gradualmente desde su fecha, donde cada fabricante automotriz se debe certificar de acuerdo a los nuevos estándares que cada vez corresponde a un porcentaje mayor. Los límites de emisión estandarizados son promediados según el nivel donde se ponga a disposición la flota, los NOx generalmente están en el Nivel 1 y Nivel 2, y el NMOG+NOx para el Nivel 3 (DieselNet, 2014b).

Uno de los estados del país americano, existe los estándares optados por “California Air Resources Board” (CARB), la cuales han designado a los vehículos livianos como fuentes de bajas emisiones (LEV), esto incluye las etapas LEV I, LEV II y LEV III, que están relacionadas con las federales. Los estándares en el estado de California se han caracterizado por ser las más estrictas ante los Niveles 1 y 2 con las federales, ya que el Nivel 3 con el LEV III están sincronizadas (DieselNet, 2014b).

Las regulaciones de emisiones de California se respaldan mediante la Sección 177 de la Ley de Aire Limpio, están destinadas a cualquier otro estado que quiera aplicarlas de manera más rigurosa que las federales. En la tabla 6-2 se muestran los límites de regulación de emisiones para vehículos livianos o de pasajeros.

Tabla 6-2: Límites permisibles para emisiones

NORMA	50 000 milla / 5 años	100 000 millas / 10 años
-------	-----------------------	--------------------------

	g/mi (gramos / millas)			g/mi (gramos / millas)		
	CO	HC	NOx	CO	HC	NOx
Federal						
US Nivel 0 (antes de 1994)	3.400	0.410	1.000	-	-	-
US Nivel I	3.400	0.250	0.400	4.200	0.310	0.600
US Nivel II	1.700	0.125	0.200	1.700	0.125	0.200
US Nivel III	-	-	-	1.000	0.030	-
California LEV I						
Transición (TLEV)	3.400	0.125	0.400	4.200	0.156	0.600
Emisiones bajas (LEV)	3.400	0.075	0.200	4.200	0.090	0.300
Emisiones ultra bajas (ULEV)	1.700	0.040	0.200	2.100	0.055	0.300
Emisiones cero (ZEV)	0	0	0	-	-	-
California LEV II						
Emisiones bajas (LEV)	3.400	0.075	0.050	4.200	0.090	0.070
Emisiones ultra bajas (ULEV)	1.700	0.040	0.050	2.100	0.055	0.070
California LEV III						
Emisiones bajas (LEV)	-	-	-	4.200	0.160	-
Emisiones ultra bajas (ULEV125)	-	-	-	2.100	0.125	-
Emisiones ultra bajas (ULEV70)	-	-	-	1.700	0.070	-
Emisiones ultra bajas (ULEV50)	-	-	-	1.700	0.050	-
Emisiones ultra bajas (SULEV30)	-	-	-	1.000	0.030	-
Emisiones ultra bajas (SULEV20)	-	-	-	1.000	0.020	-

Fuente: (DieselNet, 2014b)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

2.4.1.2. Norma Euro

Las normas Euro provienen de la Unión europea, estableciendo regulaciones para las emisiones contaminantes en vehículos ligeros y pesados especificada por la Directiva 70/220 / CEE, en el 2004 la Directiva fue reemplazada en el 2007 por el Reglamento 715 / 2007 (Euro 5/6) (Diesel Net, 2014b). En las diferentes normas Euro desde sus inicios se han venido presentando varios cambios, como:

- Euro 1: nombrada también como EC 93: Directivas 91/441 / EEC (para turismos) o 93/59 / EEC (para turismos y también camiones ligeros)
- Euro 2 (EC 96): Directivas 94/12 / EC o 96/69 / EC
- Euro 3/4 (2000/2005): Directiva 98/69 / CE, cambios en 2002/80 / CE
- Euro 5/6 (2009/2014): Reglamento 715/2007 (legislación "política") y varios reglamentos de comitología

La aplicación de las normas están dirigidas hacia los vehículos de tipo M 1 , M 2 , N 1 y N 2, con una masa no superior a 2610 kg para la Euro 5 y 6. Los estándares emitidos por la Unión Europea están limitadas en emisiones para motores encendido provocado (gasolina, etanol, GLP, etc.) y motores de encendido por compresión (diésel) (CESVI, 2019). Estos dos tipos de motores en ciertos contaminantes varían, son más estrictos o bien permitidos referente a las concentraciones de otros. En los motores a diésel es más riguroso controlar los CO que los valores de NOx, en cambio, en los motores a gasolina quedaron exentos de las PM pero solamente hasta la norma Euro 4. En la tabla 7-2 se presentan los valores permisibles de cada norma Euro:

Tabla 7-2: Valores permisibles de la norma Euro

NORMA	FECHA	CO	HC	HC + NOx	NOx	PM	PN
		g / km (gramos / kilometro)					
Euro 1	1992/07	2.72 (3.16)	-	0.97	-	-	-
Euro 2	1996/01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000/01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005/01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009/09	1.0	0.10 ^{días}	-	0.06	0.005	-
Euro 6	2014/09	1.0	0.10 ^{días}	-	0.06	0.005	6.0x10 ¹¹

Fuente: (DieselNet, 2014a)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

Las normativas de la Unión Europea también definieron regulaciones estrictas a la calidad del combustible, estableciendo un valor de cetano mínimo de 51 en el año 2000, un valor de azufre máximo para el diésel de 350 ppm en el año 2000 y de 50 ppm en el año 2005, y para la gasolina un valor de azufre máximo de 150 ppm en el año 2000 y 50 ppm en el año 2005. Cada vez se fueron reduciendo los límites permitidos y actualizando estándares para la protección ambiental, los combustibles como la gasolina y el diésel a partir del 2005 tenían que ser libres de azufre, es decir con una máximo de 10 ppm, lo cual fue obligatorio desde el 2009 (Diesel Net, 2014b).

Los ensayos de emisiones para la obtención de los valores emitidos por cada vehículo se han realizado mediante un dinamómetro de chasis con ciclos estandarizados a nivel internacional como el WLTC (anterior NEDC) en laboratorio y pruebas On-Board denominadas fuera de laboratorio como el ciclo RDE implementado desde el 2017 (Diesel Net, 2014b).

2.4.1.3. Norma INEN 2204:2002

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204 con su primera revisión en el año 2002, es aplicada a fuentes móviles terrestres con más de tres ruedas de forma obligatoria a nivel nacional. Los vehículos sometidos a esta normativa son los que contienen motores de encendido provocado (MEP), específicamente los que utilizan únicamente la gasolina como combustible, para mayor

información revisar anexo A. Estableciéndose límites permitidos para las emisiones contaminantes provenientes de la combustión del motor hacia la atmósfera, siendo un parámetro para la aprobación de matriculación cada año (Miranda, 2016, pp.27-31).

Los valores límites permitidos se dividen entre pruebas estáticas y dinámicas, según como se realice el procedimiento. Las pruebas dinámicas se dividen entre ciclos americanos y en ciclos europeos, como se presenta en la tabla 8-2.

Tabla 8-2: Valores de límites permitidos en pruebas de ciclos americanos y europeos

Categoría de vehículos	Peso bruto del vehículo	Peso del vehículo cargado	CO	HC	NOx	Ciclos de Prueba	Evaporativas
	kg	kg	g / km				g/ensayo SHED
Ciclo Americano							
Livianos	≤ 2 500	-	2.10	0.25	0.62	FTP-75	2
Medianos	≤ 3 860	≤ 1 700	6.20	0.50	0.75		2
		>1 700 ≤ 3 860	6.20	0.50	1.10		2
Pesados	> 3 860 ≤ 6 350		14.40	1.10	5.00	Transiente pesado	3
	> 6 350		37.10	1.90	5.00		4
Ciclo Europeo							
M1	≤ 2 500	-	2.72	0.97		ECE 15 + EUDC	2
M1, N1	>2 500 ≤ 3 500	<1 250	2.72	0.97			2
		>1 250 <1 700	5.17	1.4			2
		>1 700	6.9	1.7			2

Fuente: (INEN, 2017)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

2.4.2. Factores de emisión

Los factores de emisión son utilizados para los estudios de contaminación ambiental, creando inventarios de emisiones para así poder regularizar dichas fuentes mediante estrategias y programas de control de los contaminantes. En el cálculo de las emisiones sobre los contaminantes atmosféricos se puede usar varios métodos como basados en métodos directos, indirectos, en medidas, en balances o en modelos estadísticos informático (GOIB, 2015). Los factores de emisión se aplican generalmente en el consumo eléctrico y el consumo de combustibles como calderas, motores, etc., pero también para muchas fuentes más donde es necesario conocer la cantidad de contaminantes que están emitiendo a la atmósfera relacionado una unidad en la que trabaja.

Factor de emisión corresponde a la cantidad de un contaminante emanado al ambiente atmosférico relacionado con una actividad o proceso de producción, consumo de energía, distancia recorrida,

etc.(Recalde y Revelo, 2015, p.25). Las unidades con que se mide los factores de emisión pueden ser en kilogramos o en gramos de los contaminantes: CO, NO_x, SO₂, CO₂, PM, etc., sobre volumen (g/L de combustible), en peso (gr/kg de combustible), por unidad de energía (g/J), por distancia recorrida (g/km), entre otros para combustibles utilizados comúnmente (INECC, 2014). Para combustibles que no comunes como solidos (biomasa), se requiere tablas las cuales son publicadas por organismos pertinentes que detallan las características de cada uno (GOIB, 2015). Las mediciones de los factores de emisión para las fuentes móviles, se manifiestan en gramos por kilómetro recorrido (g/km) ya que generalmente las normativas expresan así sus unidades.

2.4.2.1. *Modelo de combustión simplificado*

En la presente investigación para la estimación de los factores de emisión se va aplicar el modelo de combustión simplificado, en el cual para el cálculo se considera las concentraciones contaminantes y el consumo de combustible que es proporcional a las emisiones.

El modelo de combustión simplificado, se basa en la conversión en principales productos a partir de la mezcla aire-combustible, ya que el CO, HC y CO₂ son gases efecto de la combustión con cantidades de carbono (Frey y Eichenberger, 1997). Mediante el balance de la cantidad de carbono en masa existente en el combustible y en los productos de la combustión, el total de numero de átomos se deben conservar y en cada caso ser iguales (Recalde y Revelo, 2015, p.26).

La densidad del combustible y el peso molecular del mismo, son dos factores importantes a tomar en cuenta para el cálculo de los tres factores de emisión en sus respectivas unidades, especialmente en gramos del contaminante por kilómetro recorrido (Milla et al., 2020, p.75). Los inventarios de emisiones se especifican en estas unidades (g/km), por ello el uso se utiliza el promedio del combustible consumido mediante el ciclo de conducción y así tenga una relación directa con los valores permitidos en las normativas (Recalde y Revelo, 2015, p.26).

Para los efectos de la combustión se asume las siguientes composiciones:

- Consumo de combustible.
- El CO, CO₂ o Hidrocarburo no quemado es producto del carbono que contiene el combustible.
- El cálculo se basa en la mezcla estequiométrica entre aire-combustible, donde si existiera exceso de aire, se reflejaría en la masa de los productos de la combustión.
- El N₂ y el NO son considerados productos adicionales de la combustión.

Para el cálculo mediante el modelo de combustión, se inicia con una fórmula molecular equivalente para el combustible. Así se establece que el combustible contiene carbono principalmente e hidrogeno, pero también contiene otros elementos en mínimas cantidades que

son despreciables en el balance de masa. En la tabla 9-2 se presenta las equivalencias moleculares del combustible, estimando que tiene en peso de carbono 84% y en peso de hidrogeno 16%, resultando C₈H₁₈ como ejemplo de referencia.

Tabla 9-2: Equivalencias moleculares del combustible

Componente	lb por 10 lb de combustible	Peso Molecular	lb mol por 100 lb de combustible	lb mol por lb mol de Carbono
Carbono	84	12	7	1.00
Hidrogeno	16	1	16	2.285

Fuente: (Caiza y Portilla, 2010)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

El peso molecular del combustible se obtiene con la formula equivalente a CH_y, la cual se deduce del apartado anterior (Frey y Eichenberger, 1997):

$$y = \left(\frac{\% \text{ peso H}}{\% \text{ peso C}} \right) \left(\frac{MW_C}{MW_H} \right) \quad (2.5)$$

Donde:

MW_C: peso molecular del carbono

MW_H: peso molecular del hidrogeno

Los productos en la combustión como: CO, H₂O, CO₂ y C₃H₆, son los más considerados como gases resultantes del proceso térmico, y los N₂ y NO actualmente son de importancia ante la contaminación atmosférica. En el balance de la masa se desprecia el exceso de oxígeno si llegara a existir, por lo tanto, la ecuación química para la combustión esta expresada por (Caiza y Portilla, 2010):



Donde:

a: moles de CO formados por mol consumido de combustible

b: moles de H₂O formados por mol consumido de combustible

c: moles de C₃H₆ formados por mol consumido de combustible

d: moles de CO₂ formados por mol consumido de combustible

e: moles de N₂ formados por mol consumido de combustible

f: moles de NO formados por mol consumido de combustible

m: moles de consumo de aire por mol consumido de combustible

Los átomos implicados en la combustión no son creados ni destruidos, si no transformados, donde se obtiene las siguientes ecuaciones para el balance de masa:

Elemento	Reactantes	=	Productos	
Carbono	1	=	$a + 3c + d$	(2.7)

Hidrogeno	y	=	$2b + 6c$	(2.8)
-----------	---	---	-----------	-------

Oxígeno	0.42 m	=	$a + b + 2d + f$	(2.9)
---------	--------	---	------------------	-------

Nitrógeno	1.58 m	=	$2e + f$	(2.10)
-----------	--------	---	----------	--------

Las concentraciones volumétricas de los contaminantes obtenidas en los gases por pruebas ya sean dinámicas o estáticas, ayudan a la resolución del sistema de ecuaciones y a encontrar las incógnitas. Por ello se deducen las siguientes formulas relacionadas (Frey y Eichenberger, 1997):

$$R_{CO} = \left(\frac{\% CO}{\% CO_2} \right) = \frac{a}{d} \quad (2.11)$$

$$R_{HC} = \left(\frac{\% HC}{\% CO_2} \right) = \frac{c}{d} \quad (2.12)$$

$$R_{NO} = \left(\frac{\% NO}{\% CO_2} \right) = \frac{f}{d} \quad (2.13)$$

Donde:

R_{CO} : razones de %CO a CO_2

R_{HC} : razones de %HC a CO_2

R_{NO} : razones de %NO a CO_2

Despejando las incógnitas antes mencionadas, se obtiene las siguientes ecuaciones:

$$a = R_{CO} d \quad (2.14)$$

$$c = R_{HC} d \quad (2.15)$$

$$f = R_{NO} d \quad (2.16)$$

Reemplazando las ecuaciones (2.14) y (2.15) se obtiene:

$$d = \frac{1}{R_{CO} + 3R_{HC} + 1} \quad (2.17)$$

Conociendo los valores de a, c y f, se puede calcular los factores de emisión resultando como gramos del contaminante por gramo de consumo de combustible (Pokharel et al., 2000):

$$EF'_{CO} = a \left(\frac{MW_{CO}}{MW_{comb}} \right) = \frac{R_{CO}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \left(\frac{MW_{CO}}{MW_{comb}} \right) \quad (2.18)$$

$$EF'_{HC} = c \left(\frac{MW_{HC}}{MW_{comb}} \right) = \frac{R_{HC}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \left(\frac{MW_{HC}}{MW_{comb}} \right) \quad (2.19)$$

$$EF'_{NO} = f \left(\frac{MW_{NO}}{MW_{comb}} \right) = \frac{R_{NO}}{R_{CO}+3R_{HC}+1} * \left(\frac{MW_{NO}}{MW_{comb}} \right) \quad (2.20)$$

Donde, el combustible tomado como referencia al octano C₈H₁₈ (CH₂.25), se determina el peso molecular (Caiza y Portilla, 2010):

$$MW_{comb} = \frac{12g C}{mol C} * \left(\frac{1mol C}{mol comb} \right) + \frac{1g H}{mol H} * \left(\frac{2.25mol H}{mol comb} \right)$$

$$MW_{comb} = 14.25 \frac{g comb}{mol comb}$$

$$MW_{comb} = 0.01425 \frac{kg comb}{mol comb}$$

Finalmente, para obtener los factores de emisión en gramos del contaminante por kilómetro recorrido, se incluye la densidad del combustible (kg/m³) y el consumo de combustible (m³/km) (Frey y Eichenberger, 1997):

$$EF = EF' * \rho_{comb} * CC \quad (2.21)$$

Reemplazando las ecuaciones (2.18), (2.19) y (2.20), se obtiene:

$$EF_{CO} = \frac{g_{CO}}{km} = \frac{28 * \frac{\% CO}{\% CO_2}}{\frac{\% CO}{\% CO_2} + (3 * \frac{\% HC}{\% CO_2}) + 1} * \frac{\rho_{comb} * CC}{0.01425} \quad (2.22)$$

$$EF_{HC} = \frac{g_{NO}}{km} = \frac{42 * \frac{\% HC}{\% CO_2}}{\frac{\% CO}{\% CO_2} + (3 * \frac{\% HC}{\% CO_2}) + 1} * \frac{\rho_{comb} * CC}{0.01425} \quad (2.23)$$

$$EF_{NO} = \frac{g_{NO}}{km} = \frac{30 * \frac{\% NO}{\% CO_2}}{\frac{\% CO}{\% CO_2} + (3 * \frac{\% HC}{\% CO_2}) + 1} * \frac{\rho_{comb} * CC}{0.01425} \quad (2.24)$$

Con las tres fórmulas resultantes se calcularán los factores de emisión de los vehículos comprendidos estadísticamente, aplicación de las mismas se reflejan en el anexo B. Así mismo permitirá la comparación de los factores de emisión entre los combustibles Ecopaís y Extra a partir de la prueba dinámica IM 240.

2.5. Medición de emisiones contaminates

Para la medición de emisiones contaminantes se lo puede realizar en algunas condiciones:

- **Método estático:** Se lo realiza con el vehículo estacionado y nos ayuda para la medición de concentraciones en gases contaminantes además de diagnosticar las emisiones vehiculares en distintos regímenes de funcionamiento del motor como: ralentí y altas rpm. Mediante la sonda se obtiene muestras de gases que salen por el escape, los cuales se los procesa y se almacena los resultados digitales en un ordenador (Recalde y Revelo, 2015).
- **Método dinámico:** Simula la carga ejercida en el vehículo como también la masa inercial que proporciona la carretera y por lo general se lo realiza en un dinamómetro donde se analizan las concentraciones volumétricas de: CO, **NO_x**, HC, **CO₂**, NO, **O₂** además del factor lambda, considerando que se efectúan cargas y su velocidad es inestable a lo largo del ciclo de conducción. El análisis de los gases contaminantes se los obtienes de las muestras que salen del escape durante la realización del ensayo y luego se examina el producto por cada unidad de masa contaminante. Existen algunos ciclos de conducción que se utiliza que son los Europeos (ECE-15 +EUDC, CADC) y Americanos (FTP-75, NYCC, CDH-226, IM-240) (Recalde y Revelo, 2015).

2.5.1. Método dinámico IM 240

Es un ciclo de conducción americano que se encarga de la Inspección y Mantenimiento, cuya misión es regular las emisiones contaminantes que son arrojadas desde los vehículos hacia el entorno cumpliendo los estándares de calidad que dice la normativa. No se realiza a velocidad constante sino que ejerce maniobras de aceleración y desaceleración al momento de seguir la trayectoria predeterminada (US EPA, 2015a).

2.5.1.1. Relación del ciclo IM 240 con pruebas I/M

Es un protocolo que se realiza a vehículos usados mediante un análisis corto, el cual se toma 240 segundos de los primeros 505 segundos del ciclo FTP 75, tal como se aprecia en la figura 3-2 (US EPA, 2015a).

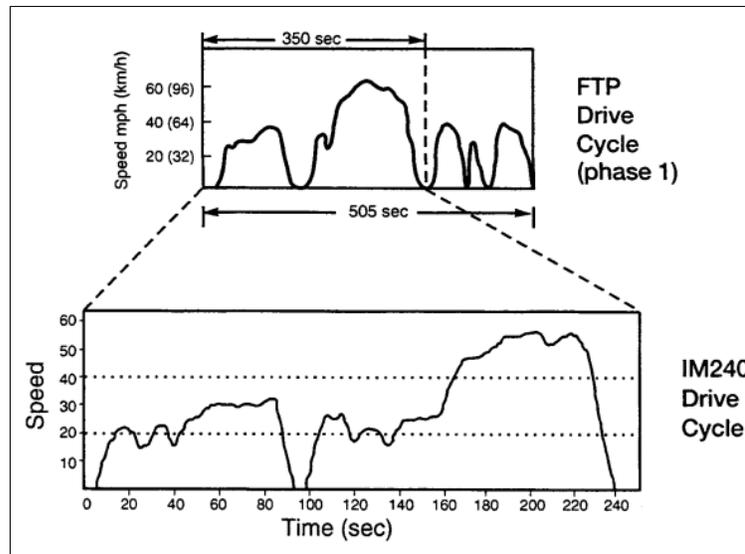


Figura 3-2: Ciclo IM 240

Fuente: (Servicio de información on-line emission testing , 2015)

La diferencia entre la prueba IM240 y FTP es en la medición de los gases contaminantes de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno. En la realización del ensayo, se obtiene todos los gases de escape que la fuente móvil produce para medir la masa total de los mismos. Resaltando que la medición es la forma más precisa de conocer el rendimiento de gases contaminantes, además que la IM240 mide el ahorro de combustible. Algunas diferencias significativas entre la prueba IM240 con otras pruebas y dependiendo de la tecnología que tenga el automotor son: las mediciones estáticas pueden ser similares, adición de carga estable o transitoria mediante el dinamómetro de esta forma imitando las condiciones para conducción. (US EPA, 2015a).

2.5.1.2. Equipamiento

Instalado el vehículo en el dinamómetro de chasis, se utiliza un analizador de gases con sus respectivos certificados de calibración vigentes. Se procede a seguir las condiciones de marcha dadas por el protocolo del ciclo y con la ayuda de un software. Los datos registrados por el software se guardan en una plantilla de Excel para el posterior análisis respectivo para los gases contaminantes de fuentes móviles a gasolina como: CO₂, HC, NO_x y CO, tal como se aprecia en la figura 4-2 (Rocha-Hoyos, Zambrano, et al., 2018).

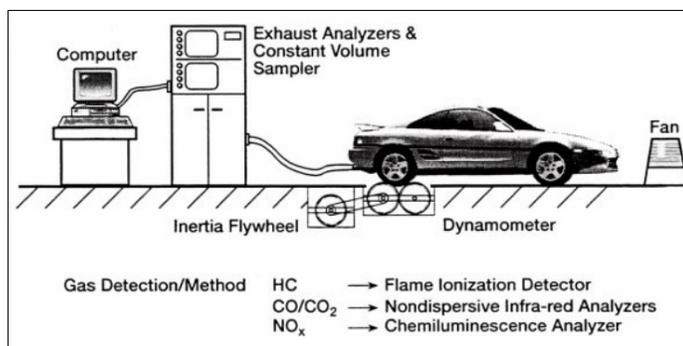


Figura 4-2: Equipos del ciclo de prueba IM 240

Fuente: (Servicio de información on-line emission testing , 2015).

Los equipos para ejecución del ciclo de conducción IM240 se parece mucho al de la prueba FTP y parcialmente distinto para las pruebas estáticas y son:

- **Analizador de gases de alta precisión:** es un dispositivo de la marca MAHA con el cual se obtiene el resultado de los gases de escape en porcentajes volumétricos y nos verifica si presenta alguna anomalía el motor, tal como se muestra la figura 5-2.



Figura 5-2: Analizador de gases MAHA

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

Las principales características que presenta el dispositivo se detallan en la tabla 10-2, para información detallada del instrumento se refleja en el anexo C.

Tabla 10-2: Especificaciones del analizador de gases MAHA

Marca	MAHA				
Modelo	MGT5				
Tipo de análisis	Gases de escape para vehículos con motores Otto (Medición de flujo parcial)				
Gases analizables	CO	CO ₂	HC	O ₂	NO _x
Rango de medición	0 - 15,00 Vol %	0 - 20,0 Vol %	0 - 2000 ppm (Hexano) 0 - 4000 ppm	0 - 25,00 Vol %	0 - 5000 ppm Vol

			Propano		
Precisión de medida	0,06 Vol. %	0,5 Vol. %	12 ppm vol.	0,1 Vol. %	32 - 120 ppm vol.
Principio de medida	Infrarrojo	Infrarrojo	Infrarrojo	Electroquímico	Electroquímico
Resolución valores de medida	0,001 Vol. %	0,01 Vol. %	0,1 ppm vol.	0,01 Vol. %	1 ppm vol.
Valor lambda	Margen indicador: 0,500 -9,999 / Resolución: 0,001 / Calculado según Brettschneider				
Deriva del rango de medición	Inferior a $\pm 0,6$ % del valor final del rango de medición				

Fuente: (MAHA, 2004)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- **Dinamómetro de carga variable y con rodillos auxiliares:** Se utiliza para simular el estado dinámico del vehículo donde se procede a revisar las emisiones vehiculares conforme lo estipula la norma ambiental en el país, tal como se aprecia en la figura 6-2.



Figura 6-2: Dinamómetro de carga variable y con rodillos auxiliares con Mazda BT-50

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

Las especificaciones más importantes del dinamómetro se muestran en la tabla 11-2 y toda la documentación completa en el anexo D.

Tabla 11-2: Especificaciones del dinamómetro

Marca	MAHA
Modelo	LPS 3000
Alimentación	400 V / 50 Hz
Rango de medición de potencia	min. 30 kW – máx. 660 kW
Fuerza de tracción	máx. 15 kN
Velocidad máxima	máx. 200 km/h
Número de revoluciones	máx. 10 000 rpm
Precisión de medición	$\pm 2\%$ del valor de medición
Normas	DIN 70020, EWG 80/1269, ISO 1585, SAE J1349 o JIS D1001

Vehículos de ensayo	Coches/Camiones/Furgonetas/Buses
Carga sobre el eje	15 toneladas
Diámetro de rueda mínimo a ensayar	12 pulgadas

Fuente: (MAHA, 2005)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- **Monitores para seguir la trayectoria del ciclo de conducción IM240:** Es la parte del software donde se muestra un ciclo conducción que debe seguir el vehículo como parte de su prueba y nos proporciona los resultados de factores contaminantes, tal como se aprecia en la figura 7-2, además de toda la información detallada en el anexo E.



Figura 7-2: Pupitre y monitor de marca MAHA para la realización del ciclo

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- **Colector de gases a volumen constante:** Es el conducto por donde ingresan los gases contaminantes provenientes del combustible de un vehículo y son alojados a la atmósfera, como se puede visualizar en la figura 8-2.



Figura 8-2: Colector de gases a volumen constante.

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- **Sonda de gases de escape:** Es un instrumento de medición de gases contaminantes que va alojado en el tubo de escape al momento de realizar la prueba y de allí se obtienen los

factores de emisión que se visualiza en el pupitre de comunicaciones, la figura 9-2 muestra la sonda de gases de escape.

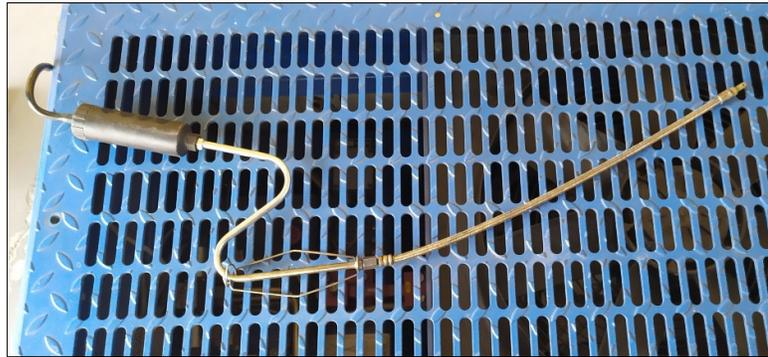


Figura 9-2: Sonda de gases de escape

Realizador por: Piure, H.; García, A., 2020

2.5.1.3. Procedimiento

Iniciando desde el reposo se procede a acelerar progresivamente siguiendo la trayectoria (gráfico 10-2) predeterminada por el ciclo de conducción, donde se deberá variar la aceleración del automotor dependiendo de donde se encuentre el cursor en la gráfica, comparando los cambios de velocidades como si se estuviera en una conducción real y paradas simulando un semáforo dentro de alguna urbe (Recalde Rojas y Revelo Argoti, 2015) .

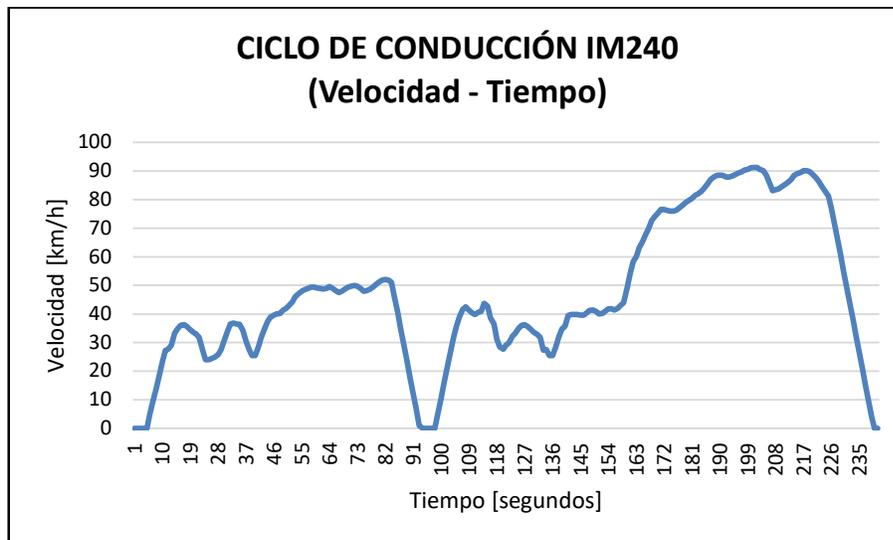


Gráfico 7-2: Ciclo de conducción IM 240

Fuente: (US EPA, 2015b).

La guía de manejo a seguir específica con precisión las diferencias entre marchas como se muestran en la tabla 12-2 (Resolución 61/99, 2001). En automóviles con transmisión manual, la obtención de velocidades específicas se da en los puntos clave del ciclo de conducción con la

realización de cambios de marcha. Para automóviles con seis marchas se registrará el mismo plan mostrado, excluyendo la marcha más alta. Sin olvidar que todos los accesorios disponibles en el automóvil como: control de tracción automático, radio, aire acondicionado, calefacción, etc., no deben estar encendidos.

Comenzando la conducción del ciclo, acelerando durante los primeros 9.3 segundos aproximadamente se realiza el cambio de primera a segunda marcha mientras el automotor se encuentra en 24.13 Km/h, después en los próximos segundos hasta llegar a 47 se procede a variar la aceleración utilizando las marchas segunda y tercera obteniendo un valor cercano a 40.22 Km/h. Posteriormente en los siguientes segundos hasta marcar 87.9 se cambia la velocidad con la función de embragar y desacelerar con el fin de simular una parada permaneciendo 13.7 segundos a ralentí (Resolución 61/99, 2001).

Reiniciando la simulación del recorrido desde el reposo han transcurrido 101.6 segundos, donde se vuelve a iniciar la aceleración usando las marchas primera y segunda permaneciendo en el valor de 24.13 Km/h, luego en los próximos segundos hasta 105.5 se acelera por lo que consecuente se cambia de segunda a tercera en la marcha y alcanzando una velocidad de 40.22 Km/h, después en los siguientes segundos hasta marcar 119.0 se reduce la aceleración por lo que también disminuye en la marcha de tercera a segunda obteniéndose un valor de 27.32 Km/h, posteriormente en los contiguos segundos hasta 145.8 se procede acelerar progresivamente y cambia de marcha de segunda a tercera hasta llegar a una velocidad de 40.22 Km/h (Resolución 61/99, 2001).

En el tramo final se simula conducción en carretera, por lo que en los próximos segundos hasta marcar 163.6 se pisa más el pedal del acelerador cambiando de marcha desde tercera a cuarta consiguiendo una velocidad de 64.36 Km/h, y luego en los contiguos segundos hasta lograr 167.0 se continúa acelerando progresivamente hasta cambiar de marcha desde cuarta a quinta alcanzando una velocidad de 72.40 Km/h. Finalmente en los siguientes segundos hasta 180 se prosigue en la aceleración obteniéndose una velocidad de 80.45 Km/h y dependiendo si en algunos vehículos tienen sexta marcha se realiza el cambio si fuera necesario, ya que los últimos 234.5 segundos del ciclo se desacelera hasta que su velocidad descienda a 0 Km/h, cumpliéndose los 240 segundos del ciclo (Resolución 61/99, 2001).

Tabla 12-2: Características y manejo de la prueba IM 240

Tiempo total en ralentí (s)	% en ralentí del tiempo total de la prueba	Velocidad media (Km/h)	Velocidad promedio en movimiento (Km/h)	Velocidad máxima (Km/h)
11	4.58	30	49	91

Cambio secuencial de marchas	Velocidad mph (Km/h)	Tiempo del ciclo nominal (s)
1 – 2	15(24.13)	9.3
2 - 3	25(40.22)	47.0
Desacelerar - Embragar	15(24.13)	87.9
1 – 2	15(24.13)	101.6
2 - 3	25(40.22)	105.5
3 – 2	17(27.35)	119.0
2 - 3	25(40.22)	145.8
3 - 4	40(64.36)	163.6
4 – 5	45(72.40)	167.0
5 - 6	50(80.45)	180.0
Desacelerar - Embragar	15(24.13)	234.5

Fuente: (Resolución 61/99, 2001)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

2.5.2. *Procesos del ensayo dinámico*

En la realización de las pruebas de emisiones mediante el método dinámico, se debe seguir un proceso previo para garantizar resultados acordes al funcionamiento correcto del vehículo. Varios factores pueden alterar las concentraciones contaminantes respecto a las reales que se presentan en una conducción estándar, esto se debe a elementos adicionales al automóvil o de uso no regular y a un inadecuado mantenimiento de los diferentes componentes del motor.

2.5.2.1. *Inspección visual del vehículo*

La inspección de lo vehículos sometidos a las pruebas, depende de dos importantes revisiones:

- **Elementos móviles:** al ser una prueba dinámica, se requiere que los elementos móviles se encuentren en un estado operativo, como el sistema de transmisión, tamaño de las ruedas, presión de los neumáticos y el sistema de frenos.
- **Elementos fijos:** todo el conducto del tubo de escape que recorren los gases producto de la combustión del motor, hasta debe estar en buen estado, sin ningún tipo de fuga; ya que las concentraciones de los gases pueden ser alterados por el ambiente externo. Otro componente a revisión es el convertidor catalítico, debe estar en buenas condiciones o mínimo en mitad de su estado útil, por lo que es el encargado de reducir dichas emisiones expuestas al ambiente.

2.5.2.2. *Mantenimiento de sistemas del motor*

Los respectivos mantenimientos ayudan al motor a mantenerse en un funcionamiento eficiente y sobre todo a la conservación del estado de sus elementos móviles. Además de las ventajas directas que tiene en el motor, un adecuado mantenimiento siguiendo las recomendaciones del fabricante, ayuda a mantener los niveles bajos de contaminantes producto de la combustión interna. Para dichas pruebas dinámicas el vehículo debe estar en un mantenimiento reciente o en la mitad de lo establecido, de lo contrario, al estar próximo a nuevo mantenimiento se debe realizar uno previo a los componentes que influyen en los parámetros en el funcionamiento del motor, como:

- Cambio de aceite del motor
- Cambio de filtro de aceite
- Cambio de filtro de combustible
- Cambio de filtro de aire
- Cambio de bujías
- Limpieza de inyectores

2.5.2.3. *Acondicionamiento del vehículo*

El acondicionamiento de los vehículos para las pruebas de emisiones se realiza previo al ensayo dinámico, ya que cualquier componente extra que este encendido puede influir en el trabajo normal del motor. Los elementos principales instalados de fábrica o como accesorio adicional deben estar apagados, estos pueden ser:

- Luces: faros, neblineros, luz del habitáculo, luces direccionales, etc.
- Limpia parabrisas
- Aire acondicionado
- Equipos de audio y video
- Entre otros elementos que consuman energía del vehículo

Si el vehículo cuenta con luces guías de fábrica que siempre se mantienen encendidas, el ensayo se realizará de este modo, ya que forma parte del funcionamiento común del mismo. Todos estos detalles son importantes por lo que consumen energía de la batería o directamente del motor como es el caso del aire acondicionado, produciendo una carga al motor y por lo tanto una medición de gases alterada.

2.5.2.4. *Adición de combustibles*

En la presente investigación se utilizará dos tipos de gasolina como variables de estudio para su posterior comparación de resultados. Existen dos maneras de realizar las pruebas con distintos

combustibles, utilizando el tanque del propio vehículo o con un tanque externo conectado a las vías de alimentación del motor.

- **Tanque de combustible del vehículo:** se debe realizar cada ensayo con mínimo un cuarto de tanque, para así lo restante ser extraído o consumido y no contaminar el otro tipo de combustible.
- **Tanque externo presurizado:** en este recipiente es más fácil la adición y el cambio de tipos de combustibles por lo que se los puede vaciar por completo sin contaminarse. Se debe tener en cuenta las conexiones de alimentación al motor y la presión del tanque al no contar con una bomba.

2.6. Medición de consumo de combustible

El consumo de combustible es viable examinar en relación a la masa del medio (dispositivos electrónicos de confort) en Kg y el volumen del peso transportado como también en el trabajo realizado y la velocidad del movimiento. Por lo general se expresa en litros por cada 100 Km (González et al, 2010).

2.6.1. Equipamiento

Los equipos utilizados para medir el consumo del combustible son:

- **Canister de combustible:** proporciona la presión del trabajo al sistema de inyección a gasolina, se adapta fácilmente a los ductos del combustible. Además de ser un limpiador del sistema de inyección de motores a gasolina como a diésel, tal como se aprecia en la figura 11-2.



Figura 10-2: Canister de combustible

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

Las principales características que presenta el dispositivo se detallan en la tabla 13-2 y toda la información completa en el anexo F.

Tabla 13-2: Especificaciones del canister de combustible

Marca	LIQUI MOLY
Modelo	Jet Clean Plus
Cantidad de llenado máxima	5 litros
Contenido total del depósito	7 litros
Sobrepresión admisible de servicio	7 bares
Peso de la unidad	4.5 kg
Dispositivos de seguridad	Válvula de seguridad Manómetro Válvula de descarga de presión Protección contra retorno de llamas

Fuente: (LIQUI MOLY, 2020)

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- **Mangueras y acoples de conexión:** Son las vías por el cual se va a desplazar el combustible desde el canister hasta la alimentación del combustible, el material de las mangueras suele ser de tipo neumático y se sujetan con abrazaderas, en la figura 12-2 se visualiza las mangueras con sus respectivos acoples.



Figura 11-2: Mangueras y acoples de conexión

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- **Erlenmeyer:** su principal función en la investigación es contener al fluido por su gran volumen, puesto que para la medición es muy imprecisa además de soportar altas temperaturas, por lo general la capacidad es de 5 litros, tal como se muestra en la figura 13-2.



Figura 12-2: Erlenmeyer

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- **Vaso de precipitación:** suele ser un recipiente cilíndrico por lo general son de vidrio, aunque también existen los de plástico, su función principal es medir o traspasar fluidos de un lugar a otro y su capacidad es por lo general de 8 onzas, tal como se aprecia en la figura 14-2.

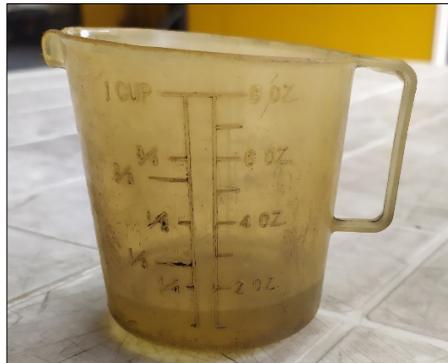


Figura 13-2: Vaso de precipitación

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- **Probeta:** es un tubo cilíndrico que por lo general tiene grabada una escala, la cual nos permite medir grandes volúmenes de fluido en este caso es de 1 litro por lo que cabe mencionar que proporciona alta precisión y su material es en su mayoría vidrio, pero también existen los de plástico, tal como se muestra en la figura 15-2.



Figura 14-2: Probeta

Realizado por: Piure, H.;
García, A., 2020

2.6.2. Procedimiento

El consumo de combustible durante el ciclo de conducción IM 240, es fundamental para obtener los factores de emisión. La medición se la realizará con un canister de combustible externo, el cual mediante acoples se podrá conectar a las vías de alimentación de gasolina al motor. Con esta práctica se tendrá mayor precisión respecto a volumen del carburante por distancia recorrida del vehículo. Una vez que finaliza la prueba del ciclo de conducción IM240 en el dinamómetro, se procede a vaciar el combustible del canister al Erlenmeyer mediante la utilización del embudo para evitar el derrame del combustible, luego con la probeta llena de combustible el siguiente paso es vaciarlo en el Erlenmeyer, si se pasa de la medida, se utiliza el vaso de precipitación para disminuir el volumen del combustible, una vez que tenemos la medida deseada se procede a verificar en la probeta el volumen consumido y así se obtiene para las demás pruebas el valor de combustible consumado.

- 1) Conectar el canister a la alimentación del combustible que ejercerá una presión de 40 bares para simular que es un tanque externo con su respectiva presión.



Figura 15-2: Conexión del canister hacia el vehículo

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- 2) Llenar el Erlenmeyer hasta la medida de 5 litros para luego colocar en el canister con la ayuda de un embudo y ejercer la presión antes mencionada.



Figura 16-2: Llenando el canister con combustible

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- 3) Se realiza el ciclo de conducción, verificando que el canister tenga la presión recomendada.



Figura 17-2: Bombeo del canister hasta la presión indicada

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- 4) Una vez que finaliza la operación del ciclo se procede a traspasar el combustible desde el canister al Erlenmeyer, no sin antes liberar la presión que se encontrada en el canister y se debe esperar un tiempo prudencial hasta que termina.



Figura 18-2: Bombeo del canister hasta vaciar en el Erlenmeyer

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- 5) El Erlenmeyer es llenado hasta una medida referencial, en este caso hasta cinco litros de combustible. Adicionalmente para tener una medida exacta se utiliza el vaso de precipitación para completar la medida deseada en los demás recipientes.



Figura 19-2: Llenando el Erlenmeyer

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

- 6) Finalmente, como se muestra en la imagen lo faltante de combustible para completar los cinco litros en el Erlenmeyer será compensada por la gasolina que contiene la probeta. El consumo de combustible durante el ciclo de conducción será lo faltante del líquido para completar el litro de la probeta.



Figura 20-2: Combustible contenido en Erlenmeyer y probeta

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2020

La medición del consumo de combustible se ha realizado 3 repeticiones con cada combustible, así la veracidad de los resultados será ideal frente al funcionamiento real del vehículo en una conducción estándar.

2.7. Análisis de variables

En la presente investigación como se muestra en la tabla 14-2 se establecen como variables independientes a los vehículos: Suzuki S-Cross y Mazda BT-50; y los combustibles: Extra y Ecopaís. Así como también las variables dependientes a los factores de emisión como: Monóxido de carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx) e Hidrocarburos (HC); resultantes del estudio al emplear cada tipo de combustible simulando un ciclo de conducción estándar en cada vehículo (Rocha-Hoyos et al., 2019). En el desarrollo estadístico se ha tomado en cuenta el software STATGRAPHICS Centurion XVI, para establecer si entre los grupos experimentales existe alguna diferencia significativa o no, también se utilizó el análisis ANOVA, aplicándose pruebas de comparación múltiple de medias, para este caso la LSD (Least Significant Difference), con un 95 % de confianza (Vega et al., 2018, pp.221-234).

Tabla 14-2: Variables y designaciones

Factores	Niveles	Designación 1	Designación 2
Vehículos	Suzuki S-Cross	-1	SC
	Mazda BT-50	1	BT
Combustibles	Extra	1	EX
	Ecopaís	2	EC

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

La formación estadística de tratamientos para los resultados se describe en la tabla 15-3, la cual se considera una nomenclatura adecuada para la representación de las variables de estudio, para la respectiva comparación y análisis de los resultados a través de superficie de respuesta (Kolanjiappan, 2017, p. 46-54; Guardia-Puebla et al., 2018, pp.10-24).

Tabla 15-2: Tratamientos para el análisis de superficie de respuesta

FORMACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS			
No.	Bloque	Vehículos	Combustibles
1	1	-1	2
2	1	-1	1
3	1	1	1
4	1	1	2
5	2	1	1
6	2	1	2
7	2	-1	1
8	2	-1	2
9	3	-1	1
10	3	1	2
11	3	-1	2
12	3	1	1

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

La evaluación para verificar la existencia de diferencias significativas parte de la creación de los tratamientos presentes en la tabla 16-3, donde se aplicará para la prueba de múltiples rangos. Las combinaciones realizadas entre vehículos y combustibles de forma resumida, también se reflejarán en el gráfico de caja y bigotes en el análisis de las variables.

Tabla 16-2: Tratamiento para el análisis de diferencias significativas y comparación

FORMACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS		
No.	Vehículos	Combustibles
1	SC	EX
2	SC	EC
3	BT	EX
4	BT	EC

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se analizan los factores de emisión a partir de las concentraciones volumétricas de los contaminantes y el consumo de combustible de cada vehículo estudiado. Los resultados del ensayo para la obtención de los diferentes parámetros de los gases de escape, se ha basado en las condiciones del ciclo de conducción IM 240, simulando el funcionamiento de dichos automotores en carretera. Las variables denominadas independientes y dependientes se relacionarán comparándose los dos tipos de gasolinas EC y EX.

3.1. Resultados de emisiones contaminantes en concentraciones volumétricas

El análisis de concentraciones volumétricas es primordial para nuestra investigación de tipo experimental, ya que a partir de estos valores se ha calculado los factores de emisión, los cuales tendrán su respectiva evaluación en este capítulo. Los resultados obtenidos en las distintas pruebas se realizaron con un equipo especializado en el laboratorio del Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) de la ciudad de Quito, para mayor información revisar anexo H. En la tabla 1-3 se muestran algunos parámetros que se consideraron para la ejecución de las pruebas en el dinamómetro al momento de simular el ciclo de conducción IM-240, que se asemeja mucho a la conducción en condiciones reales.

Tabla 1-3: Condiciones ambientales de la ciudad de Quito

PARÁMETROS	UNIDADES	VALORES
Altura	msnm	2850
Temperatura	°C	20
Presión atmosférica	hPa	732
Humedad relativa	%	40

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

Las concentraciones volumétricas que se analizarán durante el estudio son: Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC), Dióxido de Carbono (CO₂), Oxígeno (O₂), Monóxido de Nitrógeno (Nox) y Lambda, tal como se muestra en la tabla 2-3 con sus respectivos valores dentro de un parámetro normal de funcionamiento en un vehículo.

Tabla 29-3: Límites permisibles para la verificación y diagnóstico de los gases de escape

PARÁMETROS	INYECCIÓN DESPUÉS DEL CATALIZADOR
CO	Menor de 0.2%
CO ₂	Mayor que 15.3%
HC	Menor de 100 ppm

O ₂	Menor de 0.2%
NO _x	Según la carga del motor
λ	Entre 0.99 y 1.01

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

3.1.1. Vehículo Mazda BT-50 año 2012

En la tabla 3-3 se puede apreciar las diferentes concentraciones de gases contaminantes del vehículo BT, donde se realizaron tres pruebas con la gasolina EC y EX para su posterior análisis y verificar la factibilidad de ambos factores estudiados. Datos resultantes al aplicarse el método dinámico IM-240, los cuales se muestran ampliamente en el anexo I.

Tabla 3-3: Concentraciones de gases contaminantes de Mazda BT-50

Parámetros	ECOPAIS				EXTRA			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
CO [%v]	0.42	0.41	0.39	0.41	0.47	0.43	0.41	0.44
CO ₂ [%v]	13.55	13.56	13.49	13.53	13.36	13.38	13.34	13.36
HC [ppm]	30.00	28.00	26.00	28.00	41.00	33.00	36.00	36.67
O ₂ [%v]	0.92	0.91	1.03	0.95	1.05	1.07	1.14	1.09
Nox [ppm]	332.00	378.00	322.00	344.00	441.00	432.00	424.00	432.33

Realizado por: Piure H., García A. 2021

Cabe recalcar que en cada prueba se han realizado dos repeticiones del ciclo para obtener una mayor confiabilidad en los datos al momento de calcular el promedio de cada una y así mismo representarlas en los siguientes gráficos, con el propósito de entender si el vehículo se encuentra dentro de los límites permisibles que rige la normativa vigente en el país, aplicando diferentes cargas durante la simulación del ciclo.

3.1.1.1. Monóxido de carbono (CO) de gasolina Ecopais y Extra

En el gráfico 1-3 se visualiza el comportamiento del monóxido de carbono resultantes de la tres pruebas usando gasolina EC en el vehículo BT. Al inicio del primer ciclo, en la aceleración del automotor se presenta un aumento de CO, siguiendo por una variación en la concentración en base al transcurso del mismo, sin embargo es el único valor alto que se aprecia, ya que en las siguientes cargas al motor el porcentaje del gas permanece estable entre el intervalo de 1.3% Vol. hasta 1.7 % Vol. Se forma el monóxido de carbono cuando existe poco oxígeno en la fase de combustión por lo que el carbono del combustible no se quema por completo, el alto porcentaje en volumen del mismo es mortal para los seres vivos.

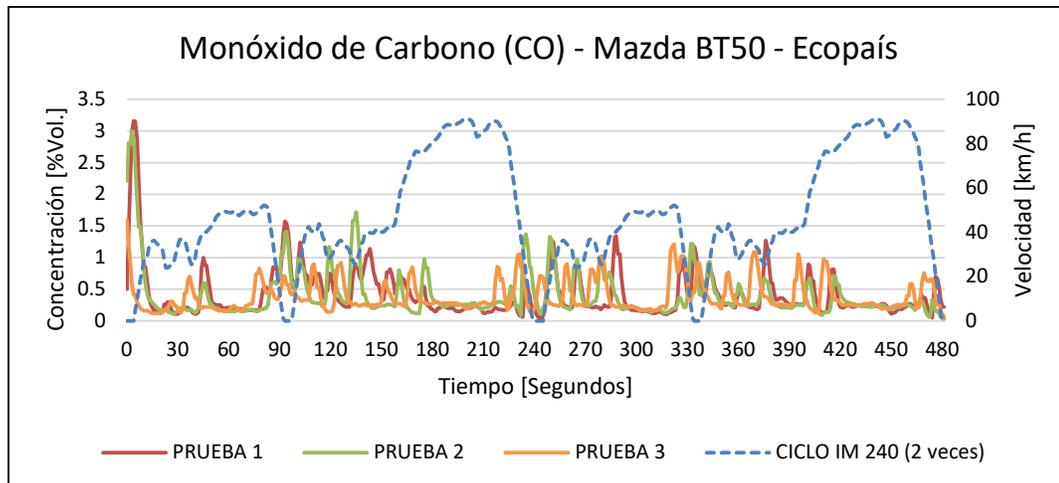


Gráfico 1-3: Monóxido de carbono de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís

Realizado por: Piure H., García A. 2021

En el gráfico 2-3 se aprecia el monóxido de carbono de las tres pruebas con gasolina EX en el vehículo BT, la trayectoria de la curva se asemeja al obtenido con el biocombustible, su diferencia radica en que se presenta más picos en la prueba uno, por lo que se consideraría que la composición del combustible es un factor influyente en la emisión de este gas nocivo.

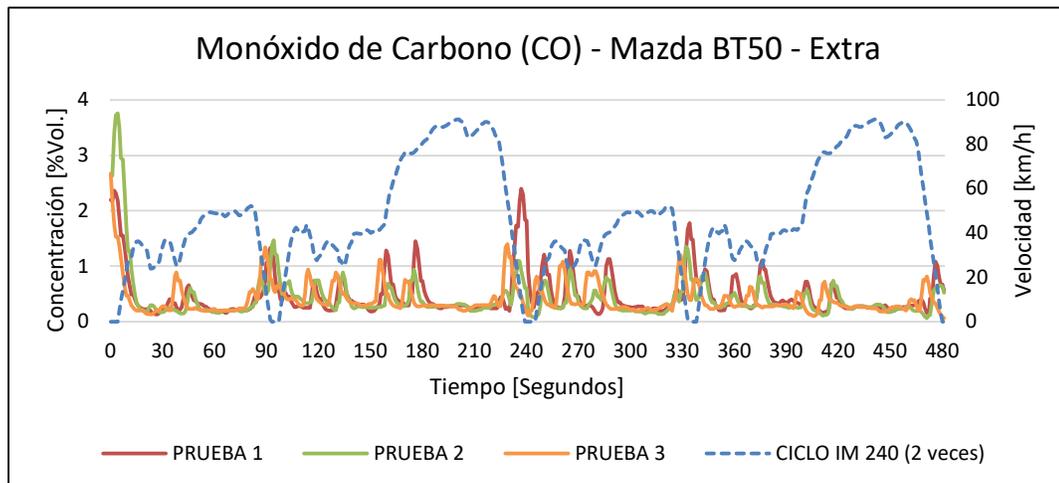


Gráfico 2-3: Monóxido de carbono de Mazda BT-50 con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

El gráfico 3-3 se muestra la comparación de pruebas bajo las mismas condiciones entre las gasolinas EC y EX, donde la segunda ha resultado con mayores concentraciones de CO emitidos durante la simulación de conducción. Aunque el biocombustible presenta más estabilidad con picos más bajos durante toda la duración de ambos ciclos, no existe una diferencia importante para la reducción del contaminante.

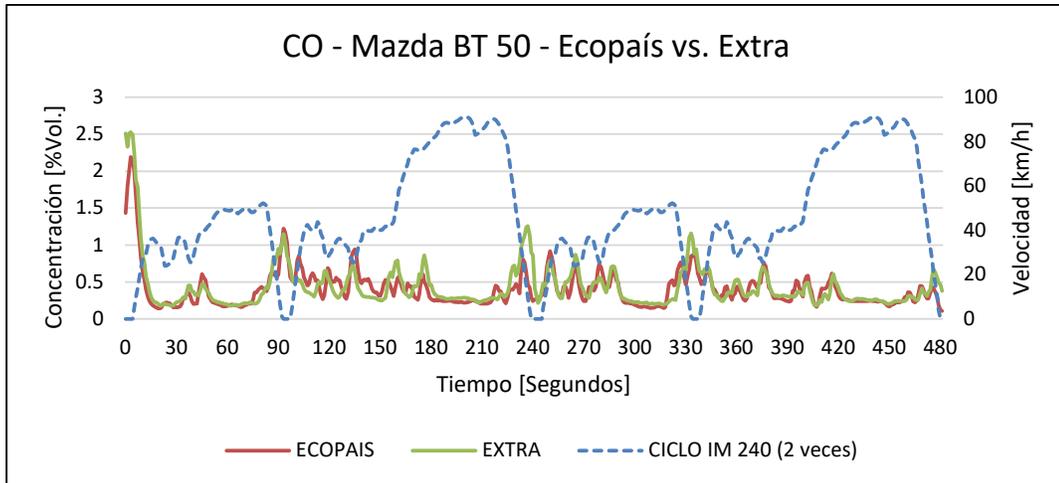


Gráfico 3-3: Monóxido de carbono de Mazda BT-50 comparando con gasolina Ecopaís y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.1.1.2. Dióxido de carbono (CO₂) de gasolina Ecopaís y Extra

El dióxido de carbono está presente siempre en la atmósfera al no ser un gas dañino en pequeñas cantidades, pero en grandes concentraciones puede ser un problema. En el gráfico 4-3, se observa un comportamiento similar en las tres pruebas al usarse gasolina EC, estableciéndose dentro del límite aceptable entre 11% y 15%. Existe una caída que se produce cuando está en la fase de desaceleración, pero es normal al momento de estar en bajas revoluciones ya que se comporta de manera contraria al oxígeno.

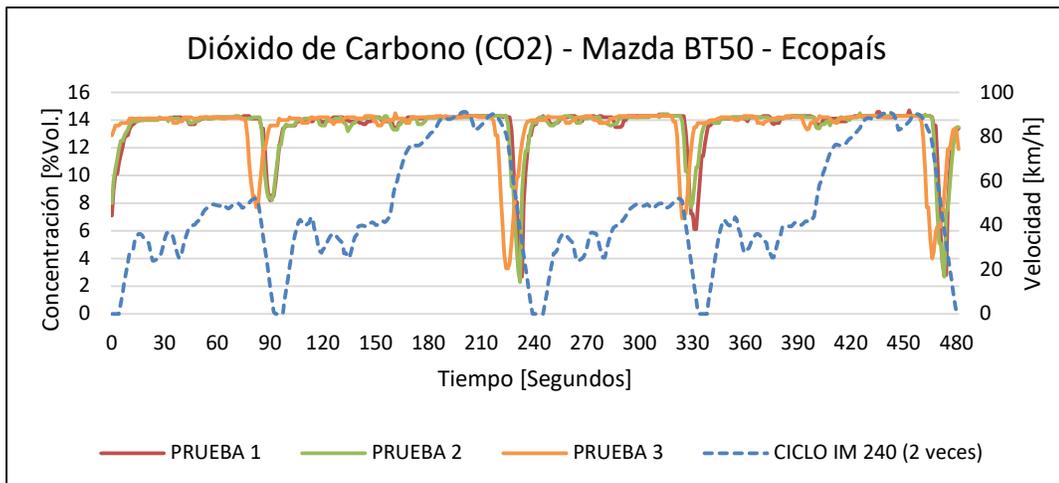


Gráfico 4-3: Dióxido de carbono de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís

Realizado por: Piure H., García A. 2021

En el ensayo realizada con gasolina EX que se observa en el gráfico 5-3, tiende a la misma conducta, es decir mantiene el intervalo óptimo entre el 11% y el 15%, tal como se describe en el

gráfico 4-3, con la única variante que se denota es en la primera desaceleración, donde existe similitud en la segunda y tercera prueba, más no en la primera.

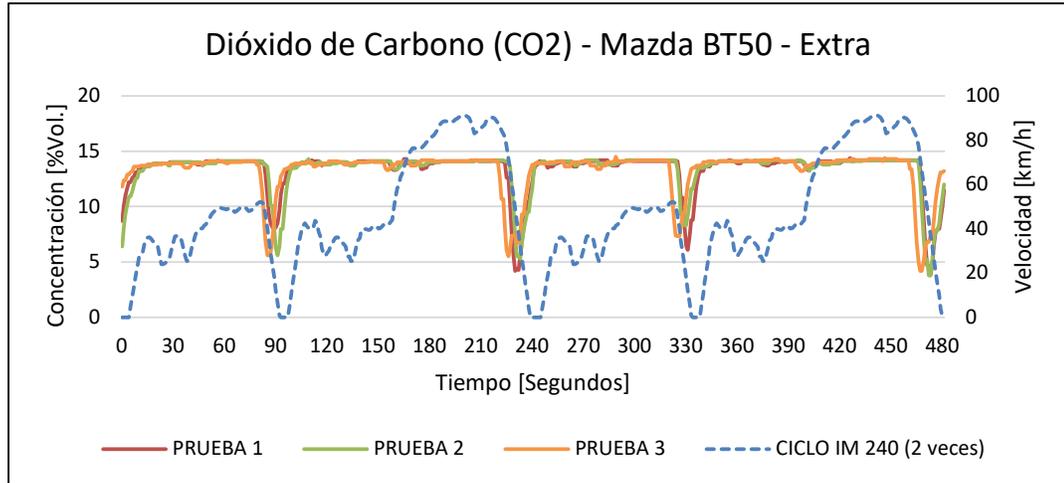


Gráfico 5-3: Dióxido de carbono de Mazda BT-50 con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

La diferencia entre las pruebas de las gasolinas EC y EX referente al dióxido de carbono, no existe una diferencia de gran magnitud, tal como se ilustra en el gráfico 6-3, puesto que se han mantenido entre los mismos valores durante los ciclos conducidos, por lo que indica que la combustión se ha realizado con éxito para ambos combustibles.

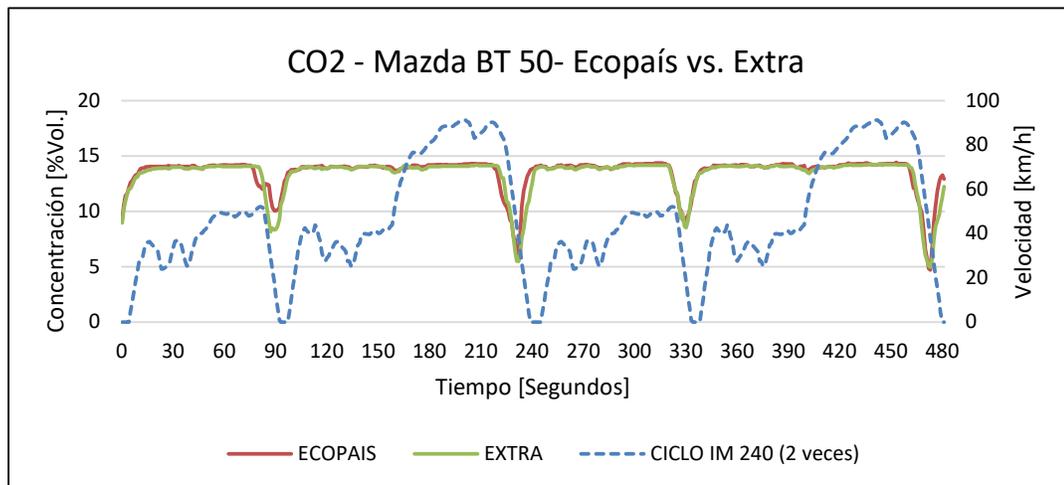


Gráfico 6-3: Dióxido de carbono de Mazda BT-50 comparando con gasolina Ecopais y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.1.1.3. Hidrocarburos (HC) de gasolina Ecopais y Extra

Los hidrocarburos no quemados presentados en el gráfico 7-3 mediante el uso de gasolina EC, se aprecia que existe una variación entre las tres pruebas, sobrepasando los 100 ppm lo que indicaría

imperfecciones en la combustión respecto al cambio de velocidades. Descartándose una posible mezcla rica permanente al corroborar con el gráfico 10-3, donde el oxígeno se mantiene normal en los mismos puntos de elevación de HC.

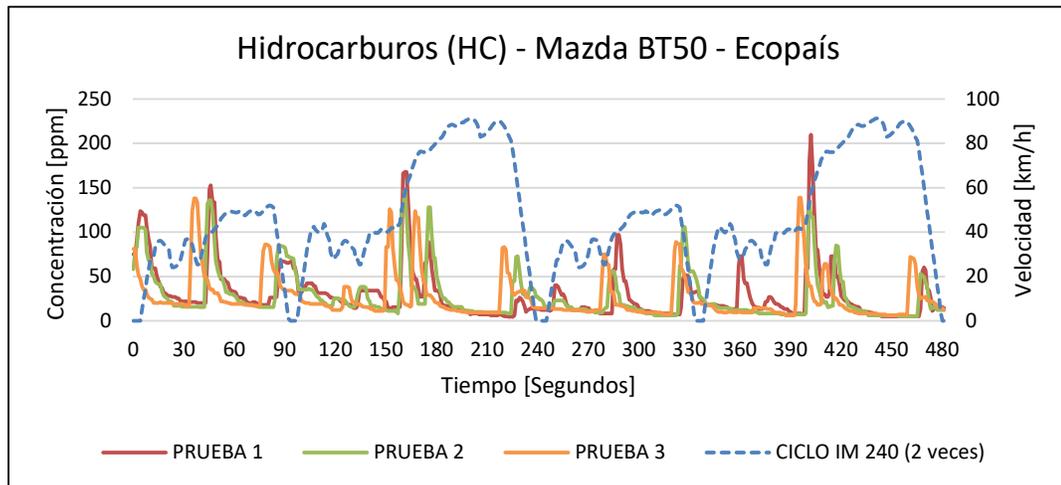


Gráfico 15-3: Hidrocarburos de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís

Realizado por: Piure H., García A. 2021

La presencia de hidrocarburos en las tres pruebas con la gasolina EX, tal como se ilustra en el gráfico 8-3, tiene más elevado el índice de concentración con respecto a la EC en el gráfico 7-3. Por lo que los HC es el principal contribuyente para que se produzcan el smog, altamente tóxico tanto para la salud humana como el medio ambiente.

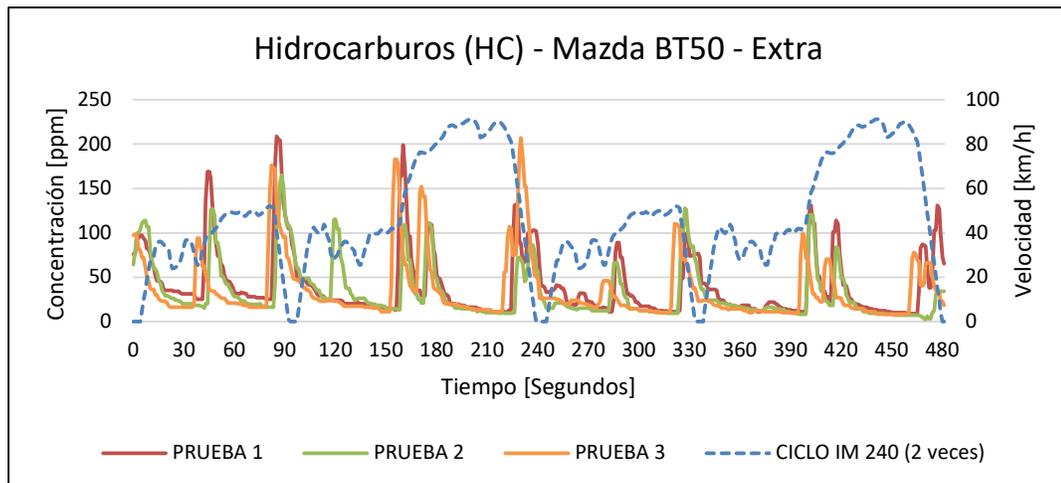


Gráfico 8-3: Hidrocarburos de Mazda BT-50 con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

La diferencia de las pruebas entre los combustibles EC y EX (gráfico 9-3) radican en su proceso de combustión, donde la segunda mencionada tiende a expedir más hidrocarburos al ambiente,

eso se debe en gran parte a la composición de la gasolina y a la tecnología del automóvil, puesto que es del año 2012.

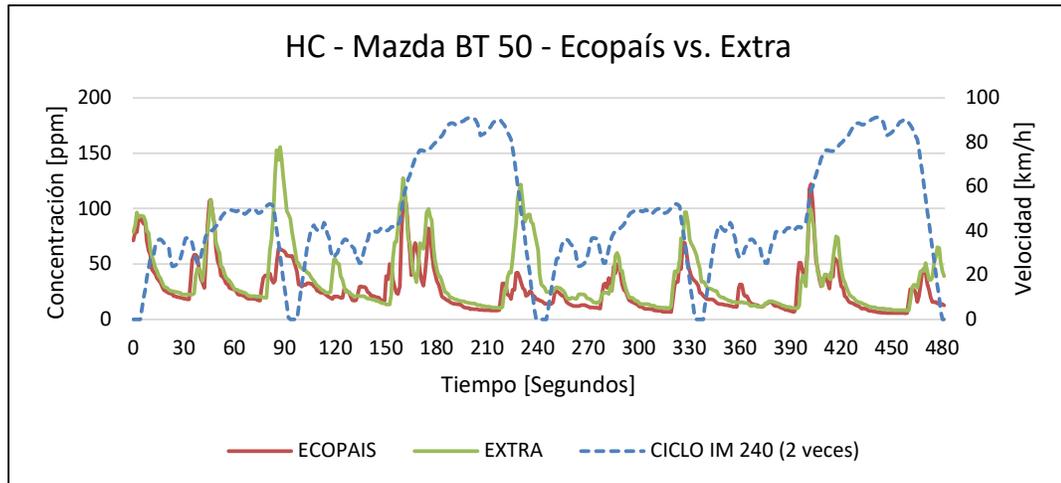


Gráfico 9-3: Hidrocarburos de Mazda BT-50 comparando con gasolina Ecopais y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.1.1.4. Oxígeno (O₂) de gasolina Ecopais y Extra

En el gráfico 10-3 del ensayo con la gasolina EC, se puede observar el comportamiento del oxígeno que es inversamente proporcional al de dióxido de carbono, por lo tanto indica que el motor se encuentra en perfectas condiciones y sólo se tiene un valor alto en las desaceleraciones inmersas del ciclo de conducción. Dicho aumento se debe por el gas sobrante que tiene la cámara de combustión al cambiar desde una carga parcial a ralentí. Además que el gráfico 11-3 de la prueba con la gasolina EX tiene similar comportamiento en los mismos tramos.

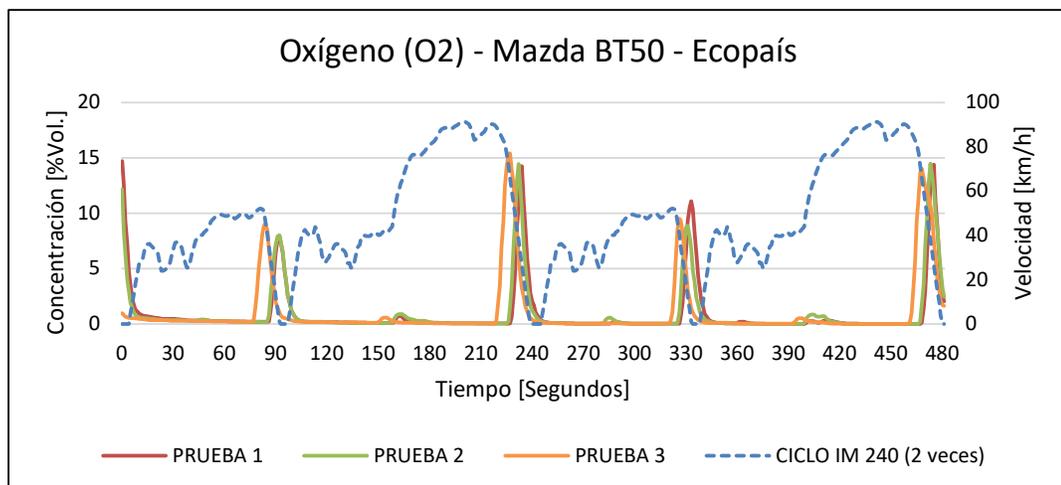


Gráfico 10-3: Oxígeno de Mazda BT-50 con gasolina Ecopais

Realizado por: Piure H., García A. 2021

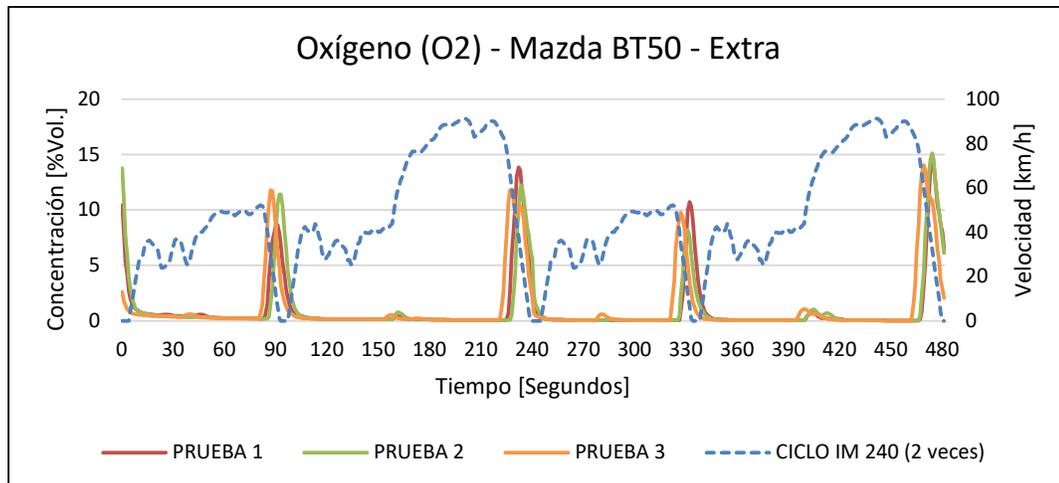


Gráfico 11-3: Oxígeno de Mazda BT-50 con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

La diferencia de la concentración de oxígeno sobrante entre los gases de escape se puede verificar en el gráfico 12-3, es el valor alto que tiene la gasolina EX con respecto a la EC durante la primera desaceleración del ciclo inicial de conducción. Mientras que, en los demás puntos del total del tiempo, el trazado es idéntico con ambos carburantes.

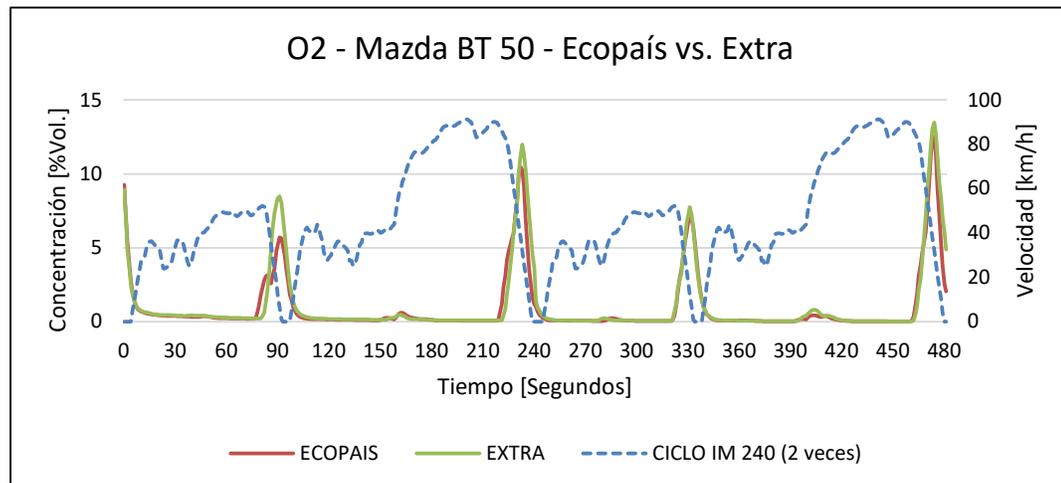


Gráfico 12-3: Oxígeno de Mazda BT-50 comparando con gasolina Ecopais y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.1.1.5. Óxidos de nitrógeno (NOx) de gasolina Ecopais y Extra

En el gráfico 13-3 del ensayo realizada en el automotor con la gasolina EC, se aprecia que la segunda prueba tiene un alto índice de concentraciones en algunos tramos de los ciclos simulados, cabe recalcar que la formación de óxidos de nitrógeno se dan al combinar tanto el oxígeno como el nitrógeno debido a las altas presiones y temperaturas que alcanza el motor.

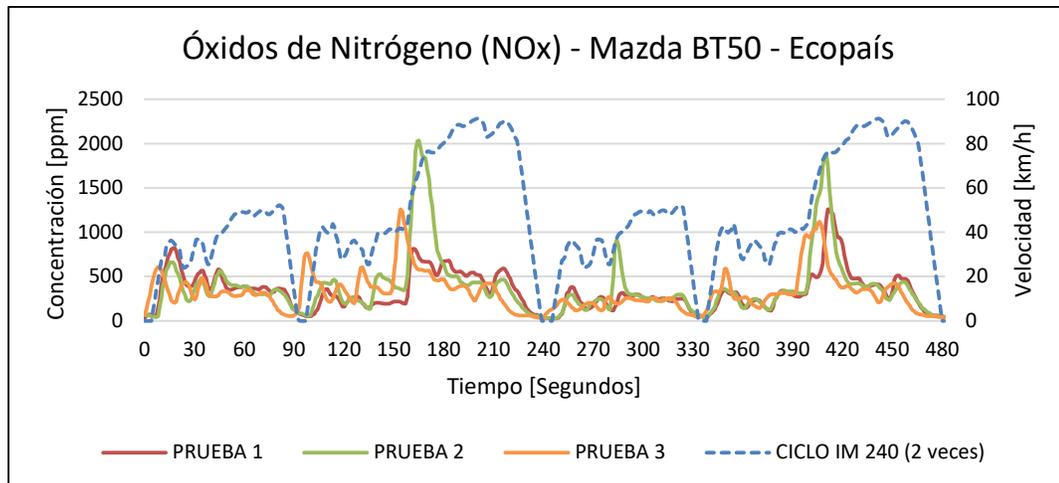


Gráfico 13-3: Óxidos de nitrógeno de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís

Realizado por: Piure H., García A. 2021

En el gráfico 14-3 se representa las tres pruebas realizadas con la gasolina EX, se distingue que en la mayoría de los segmentos de los ciclos de conducción tienen las mismas concentraciones de óxidos de nitrógeno, sin embargo, también se tiene pocos picos que sobresalen del resto con lo que resalta el mismo problema antes mencionado en el gráfico 13-2. En la finalización del tramo se muestra el aumento del índice en las pruebas con leves desfases entre ellas.

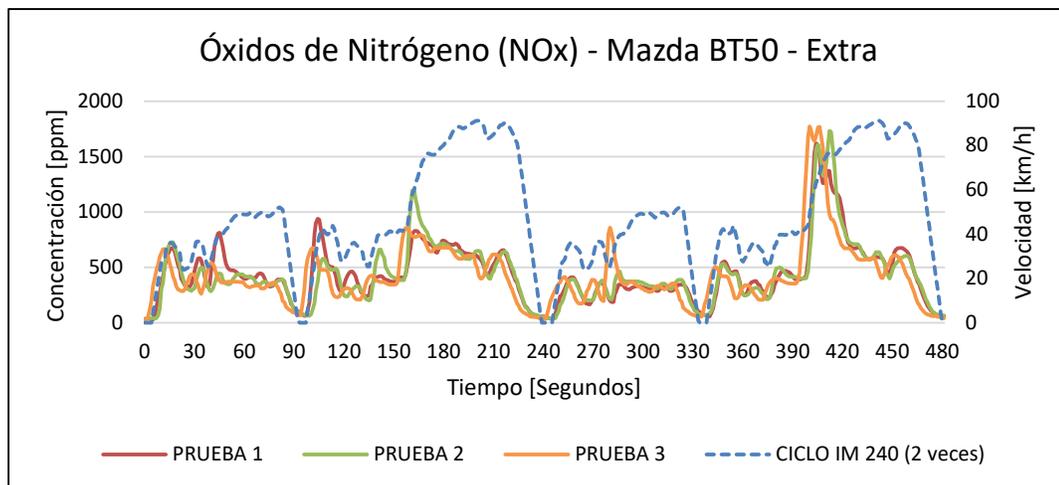


Gráfico 14-3: Óxidos de nitrógeno de Mazda BT-50 con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

La diferencia entre las concentraciones de óxidos de nitrógeno entre las gasolinas EC y EX se muestran en el gráfico 15-3, donde las pruebas se muestran similares hasta la primera desaceleración, posteriormente cada cual tiene diferente índice hasta que terminan ambos ciclos dirigidos. Resaltando que la segunda gasolina mencionada presenta mayor ppm debido al aumento de carga y temperatura del motor.

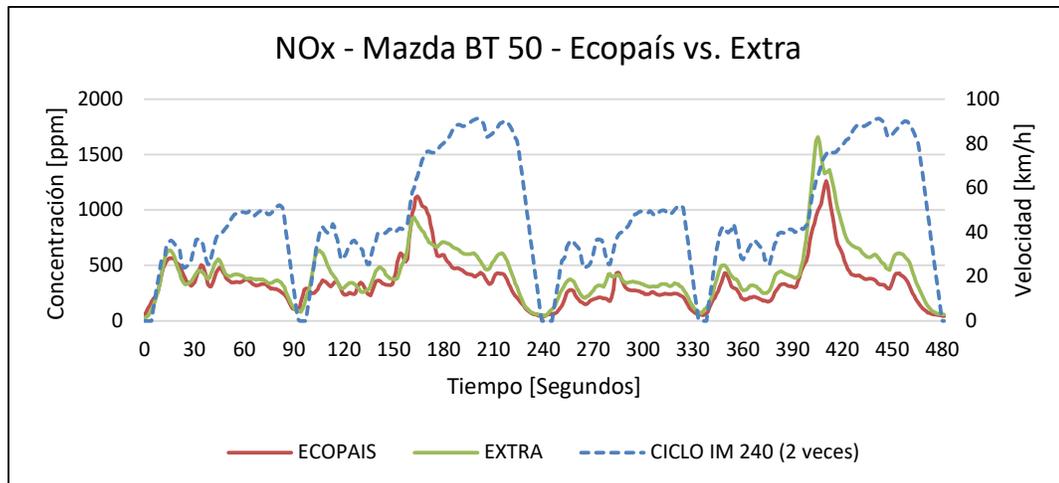


Gráfico 15-3: Óxidos de nitrógeno de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.1.1.6. Valor de lambda (λ) de gasolina Ecopaís y Extra

En el gráfico 16-3 se puede apreciar la ejecución de las tres pruebas con el combustible EC durante el periodo de conducción, los valores en casi todo el recorrido están alrededor de 1, sin embargo existen algunos picos altos que indican una mezcla pobre y un solo pico por debajo de la unidad al termino del primer ciclo demostrando una mezcla rica. Estos indicativos de las proporciones de aire-combustible se justifica por el cambio desde cargas altas a bajas o viceversa, teniendo un cantidad faltante o sobrante de aire.

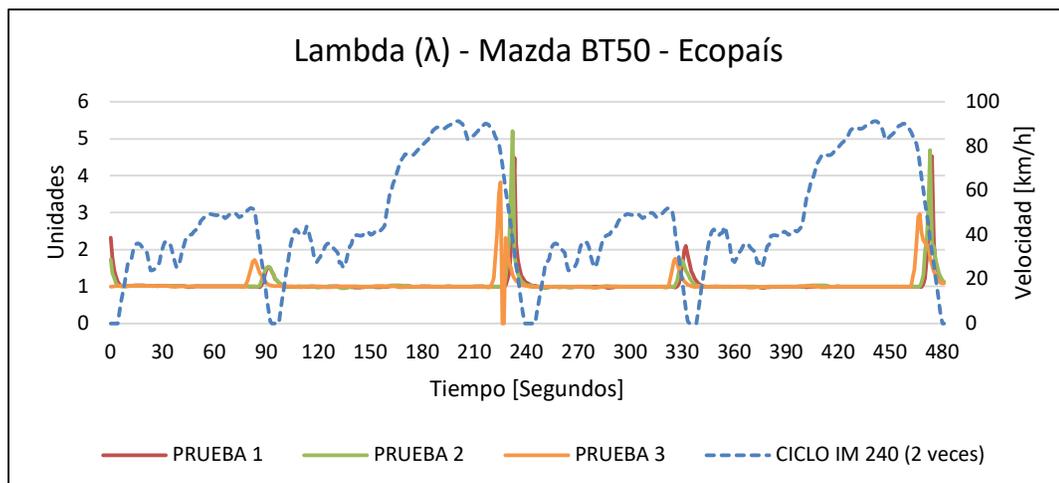


Gráfico 16-3: Valor de lambda de Mazda BT-50 con gasolina Ecopaís

Realizado por: Piure H., García A. 2021

En el gráfico 17-3 se exponen los resultados de las tres pruebas con el combustible EX, teniendo un similar comportamiento con el gráfico 16-3. Así mismo, en las aceleraciones y desaceleraciones durante los ciclos de conducción no sobresalen del rango entre 0 y 4.

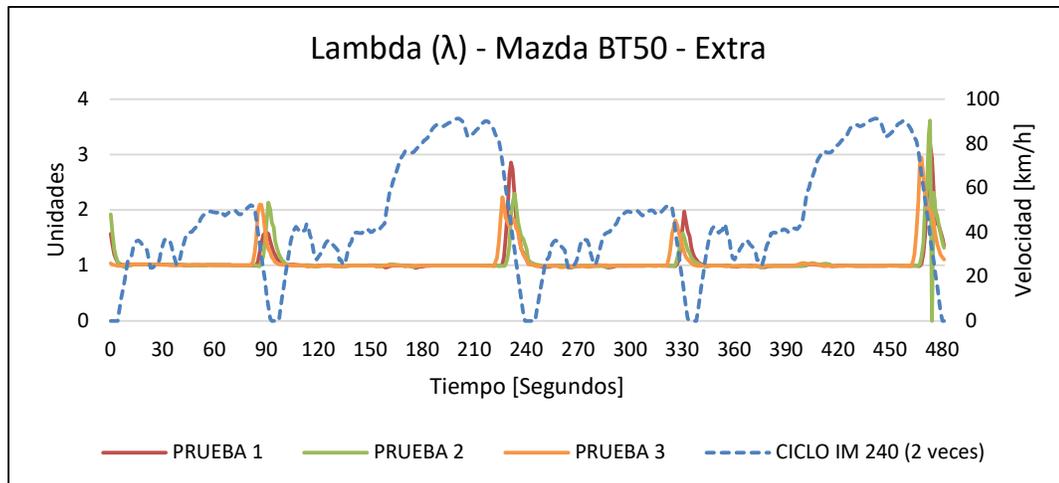


Gráfico 17-3: Valor de lambda de Mazda BT-50 con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

En el gráfico 18-3 se puede visualizar la diferenciación entre las pruebas con gasolina EC y EX, donde en gran parte de su recorrido el valor de lambda está alrededor de 1. En lo concerniente al resultado del ensayo, existen picos significativos al término de cada ciclo de conducción, pues la gasolina EC presenta mayor índice en ambos extremos de la unidad establecida como ideal y por tanto la variación de la mezcla estequiométrica.

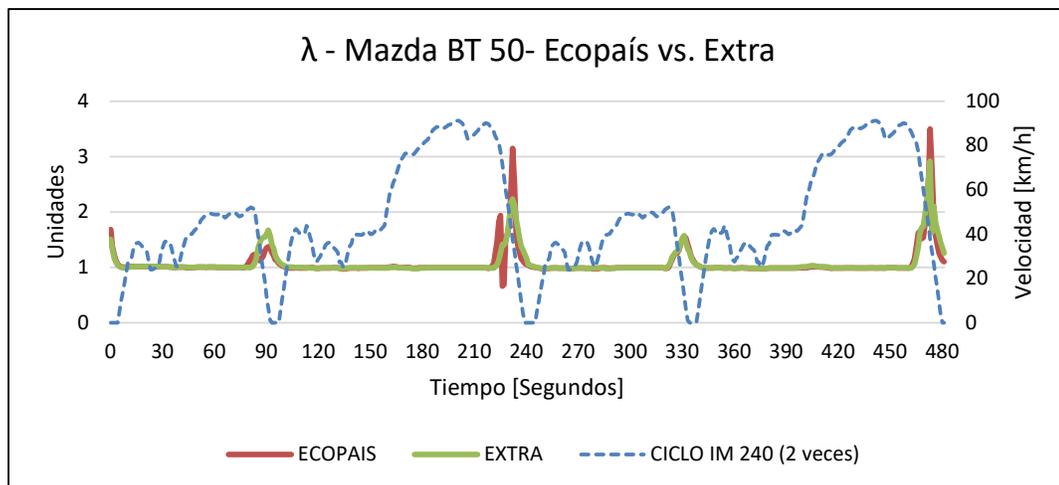


Gráfico 18-3: Valor de lambda de Mazda BT-50 con gasolina Ecopais y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.1.2. Vehículo Suzuki S-Cross 2018

Los resultados obtenidos mediante el analizador Maha MGT5 ante la conducción del ciclo IM 240 se han resumido en la tabla 4-3, recopilando valores de las concentraciones de gases de escape de las tres repeticiones para cada combustible, como lo es la gasolina EC y EX. En cada repetición se ha realizado dos veces el ciclo para tener datos más fiables y poder ser comparados, así mismo

se ha calculado el promedio por cada medición y entre las tres, para una revisión más resumida. Los valores promedios en cada combustible influirán posteriormente para el cálculo de los factores de emisión y conocer si están dentro de los límites permitidos, para la ampliación de resultados en el laboratorio se muestran en el anexo J.

Tabla 4-3: Concentraciones de gases contaminantes de Suzuki S-Cross

Parámetros	ECOPAIS				EXTRA			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
CO [%v]	0.22	0.22	0.20	0.21	0.28	0.29	0.30	0.29
CO2 [%v]	13.02	12.91	12.79	12.91	12.88	12.81	12.74	12.81
HC [ppm]	9.00	7.00	7.00	7.67	15.00	15.00	18.00	16.00
O2 [%v]	1.92	2.08	2.30	2.10	1.98	2.08	2.22	2.09
Nox [ppm]	80.00	112.00	111.00	101.00	60.00	71.00	72.00	67.67

Realizado por: Piure H., García A. 2021

El mejor análisis de los datos obtenidos durante las pruebas, se los puede analizar frente al perfil del ciclo IM 240 en los gráficos siguientes. El objetivo de estas representaciones, es conocer los tramos donde se producen los valores máximos y mínimos de las emisiones respecto a diferentes cargas al que es sometido el vehículo en el dinamómetro.

3.1.2.1. Monóxido de carbono (CO) de gasolina Ecopais y Extra

En el gráfico 19-3 se observa una relación entre las tres pruebas realizadas con gasolina EC, las curvas crecen y decrecen en los mismos tramos de los ciclos. Los picos más altos pueden haberse presentado por la presencia de una mezcla rica o una combustión incompleta, pero al tener los valores dentro de los límites normales, se descartan los posibles problemas en el motor.

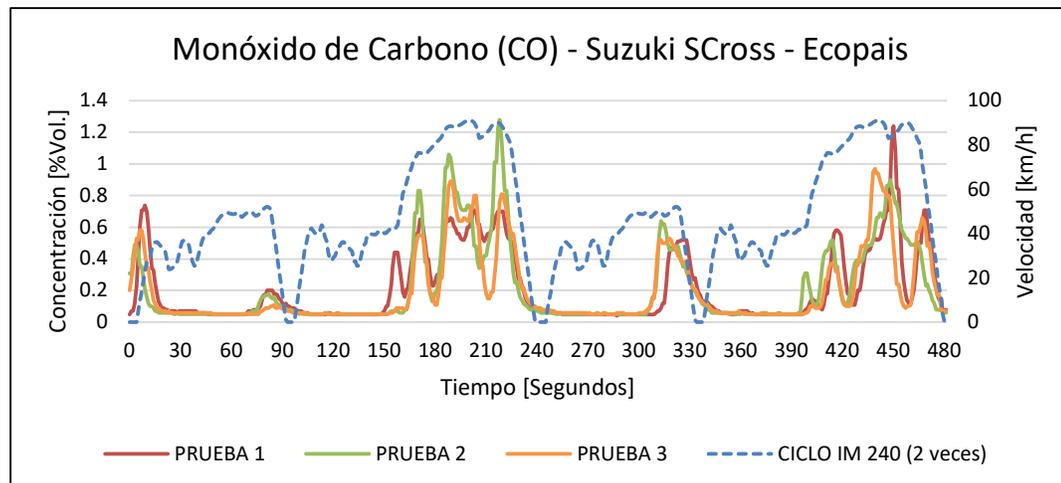


Gráfico 19-3: Monóxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopais

Realizado por: Piure H., García A. 2021

El gráfico 20-3 correspondiente a la gasolina EX, presenta la misma relación entre las curvas de las tres pruebas como se describió para la gasolina EC en el gráfico 19-3, a diferencia que al usarse este combustible se observa mayor cantidad de picos a lo largo de los ciclos.

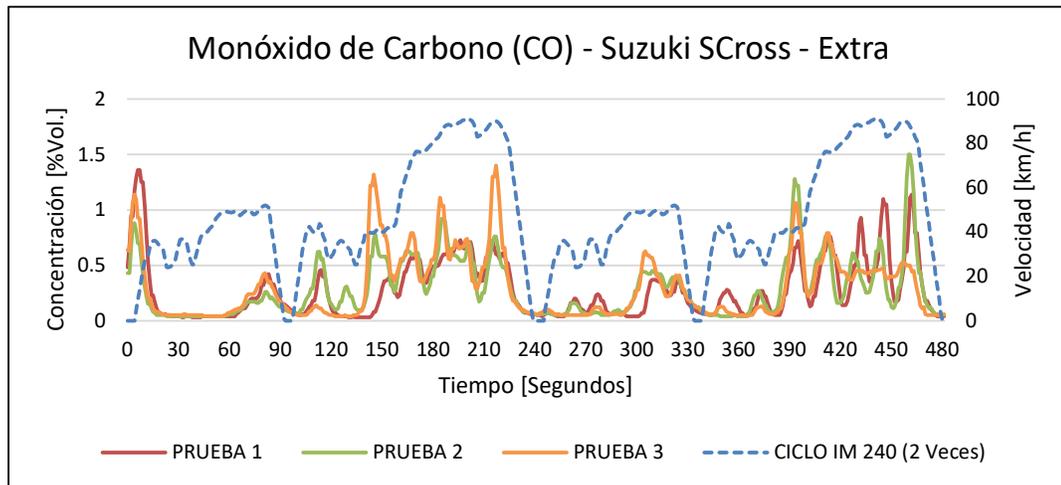


Gráfico 20-3: Monóxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

El análisis del comportamiento del monóxido de carbono al usarse los dos tipos de gasolinas, se diferenció entre la cantidad de picos existentes durante los ciclos. Así en el gráfico 21-3 se puede ratificar mediante la comparación de los dos combustibles, la gasolina EX tiene mayores concentraciones emitidas al ambiente de CO que la gasolina EC, frente a condiciones de cargas iguales.

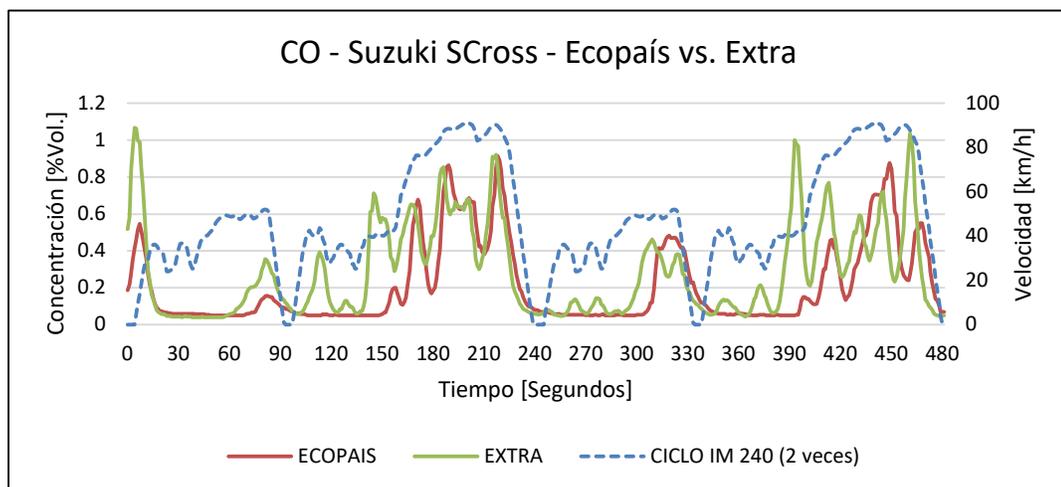


Gráfico 21-3: Monóxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.1.2.2. Dióxido de carbono (CO₂) de gasolina Ecopaís y Extra

El dióxido de carbono presente por la combustión de la gasolina EC se presenta en el gráfico 22-3, teniendo un comportamiento similar entre las tres pruebas y manteniéndose entre el 12% y 15% que es lo ideal. Los picos que decrecen es un comportamiento normal al bajar la velocidad o cuando se realiza pruebas a bajas revoluciones, mientras que el oxígeno se comporta de manera opuesta representada en el gráfico 28-3.

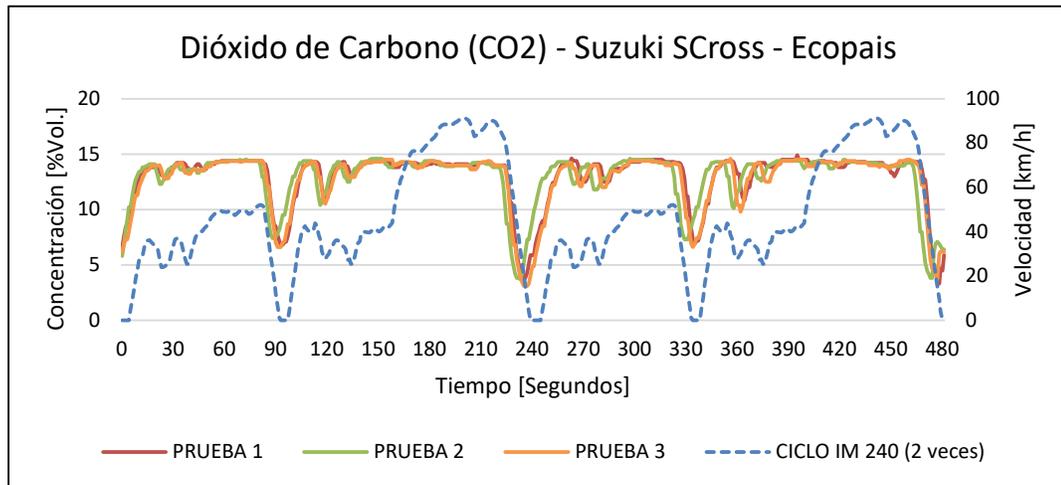


Gráfico 22-3: Dióxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopais

Realizado por: Piure H., García A. 2021

La gasolina EX tiene un buen comportamiento en la concentración del dióxido de carbono, por lo que el gráfico 23-3 tiende al mismo comportamiento en lo descrito en el gráfico 22-3 manteniendo los valores antes mencionados de una buena combustión.

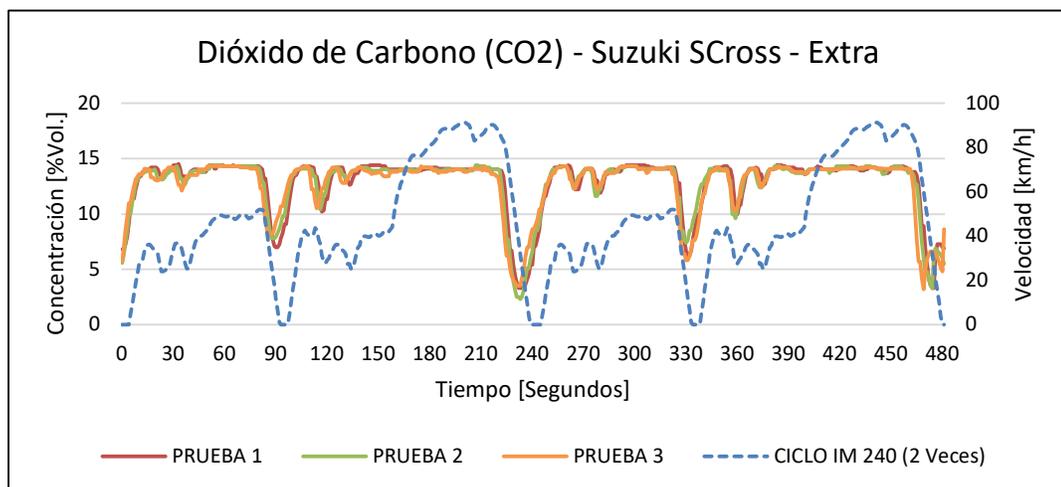


Gráfico 23-3: Dióxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

La comparación del dióxido de carbono proveniente de la ignición interna, se observa en el gráfico 24-3, que durante todo el recorrido de los ciclos no existe una diferencia significativa en ambas

curvas de los combustibles. Es evidente también que con la gasolina EC y EX tienden a tener porcentajes bajos de concentración al descender la velocidad, lo cual se deriva a una mala mezcla verificándose en los valores de lambda en el gráfico 36-3.

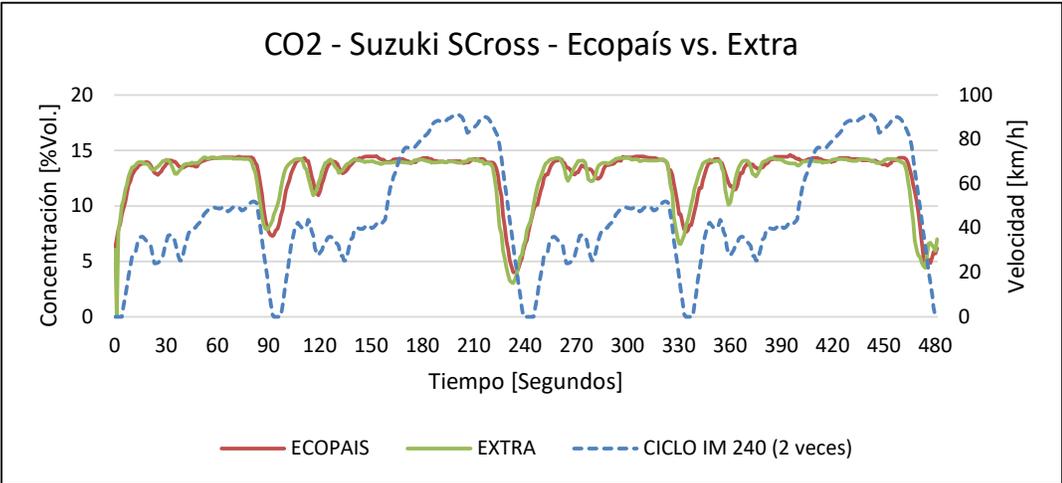


Gráfico 24-3: Dióxido de carbono de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopais y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.1.2.3. *Hidrocarburos (HC) de gasolina Ecopais y Extra*

La presencia de hidrocarburos no quemados en los gases de escape tiene relación con el monóxido de carbono, donde en el gráfico 25-3 de la gasolina EC y gráfico 26-3 de la gasolina EX, se observa comportamiento semejante en los dos gases al aumentar y disminuir. Al estar dentro de los parámetros permitidos menores a 100 ppm se describe imperfecciones normales en la combustión al cambio de velocidades.

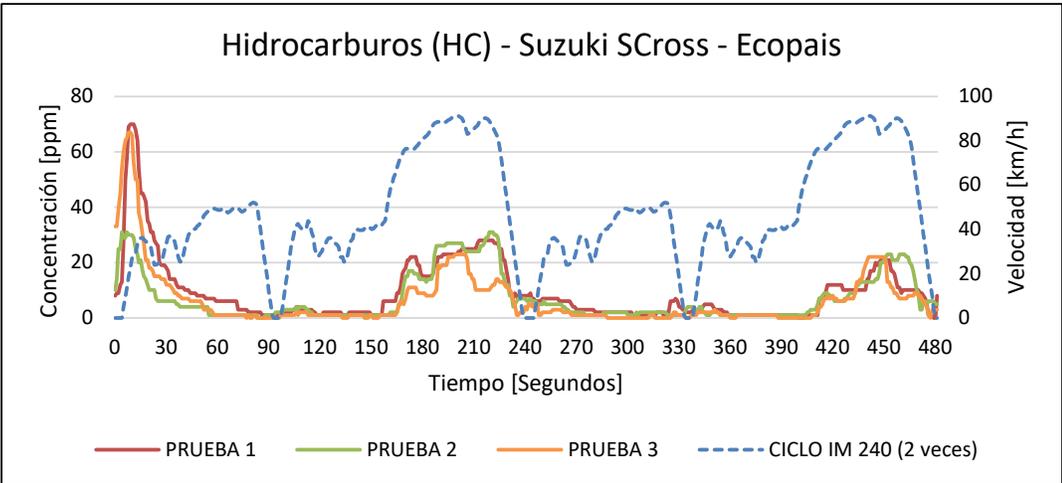


Gráfico 25-3: Hidrocarburos de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopais

Realizado por: Piure H., García A. 2021

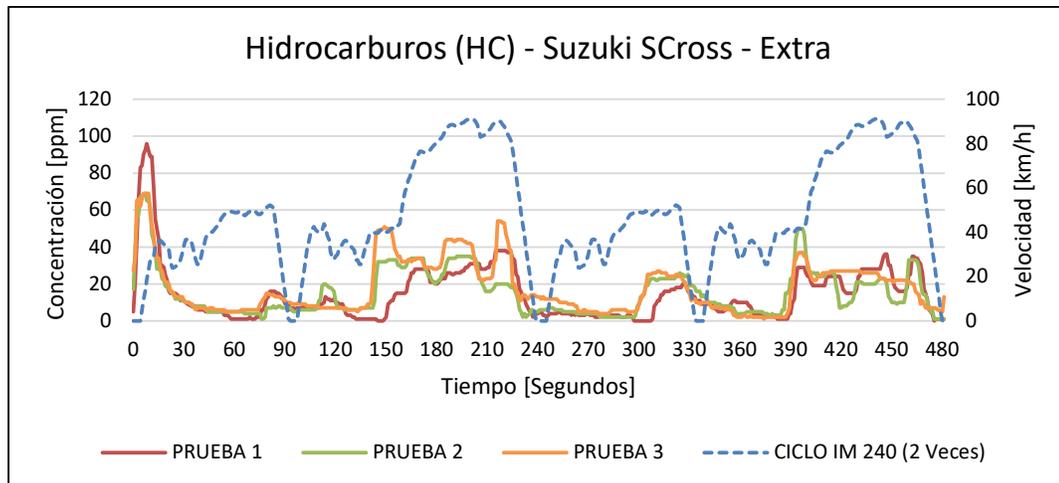


Gráfico 26-3: Hidrocarburos de Suzuki S-Cross con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

La comparación expuesta en el gráfico 27-3 entre los dos combustibles, se destaca que con la gasolina EX el proceso de combustión es menos eficiente frente al biocombustible, ya que emite más cantidad de hidrocarburos no quemados al ambiente.

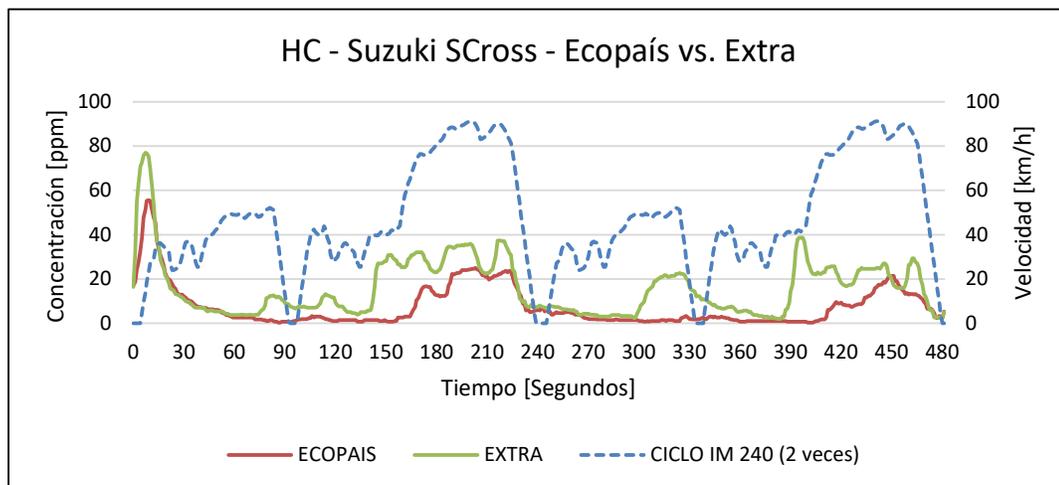


Gráfico 27-3: Hidrocarburos de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.1.2.4. Oxígeno (O₂) de gasolina Ecopaís y Extra

Las concentraciones de oxígeno relacionadas de forma opuesta con el dióxido de carbono es un indicativo de un comportamiento óptimo del motor. En el gráfico 28-3 al usarse gasolina EC tiene un comportamiento particular donde al disminuir la velocidad aumenta el porcentaje de oxígeno, esto se debe al sobrante de este gas en la cámara de combustión al momento de pasar de una carga parcial a ralentí, exactamente lo que pretende simular el ciclo de conducción. El uso de la gasolina

EX tiene el mismo seguimiento en los mismos tramos, presentado en el gráfico 29-3 para su tres pruebas.

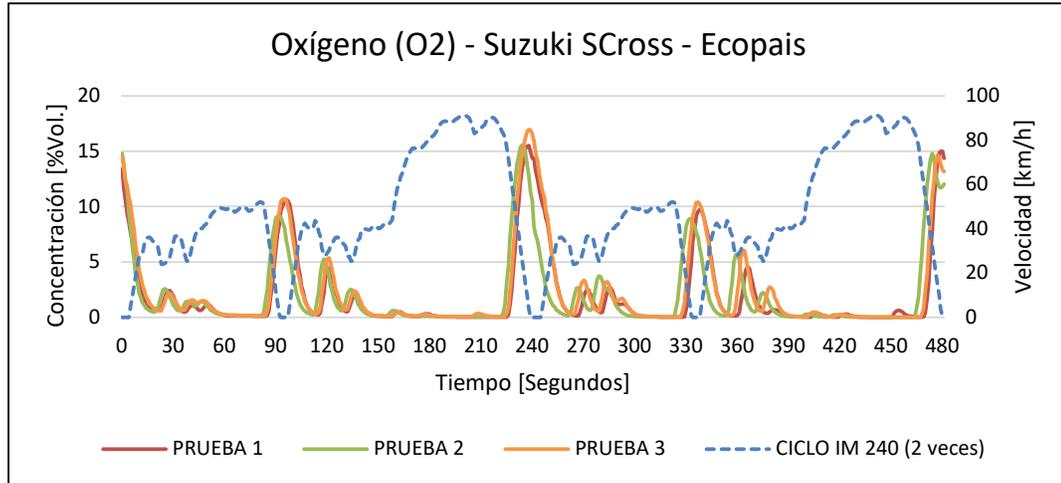


Gráfico 28-3: Oxígeno de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopais

Realizado por: Piure H., García A. 2021

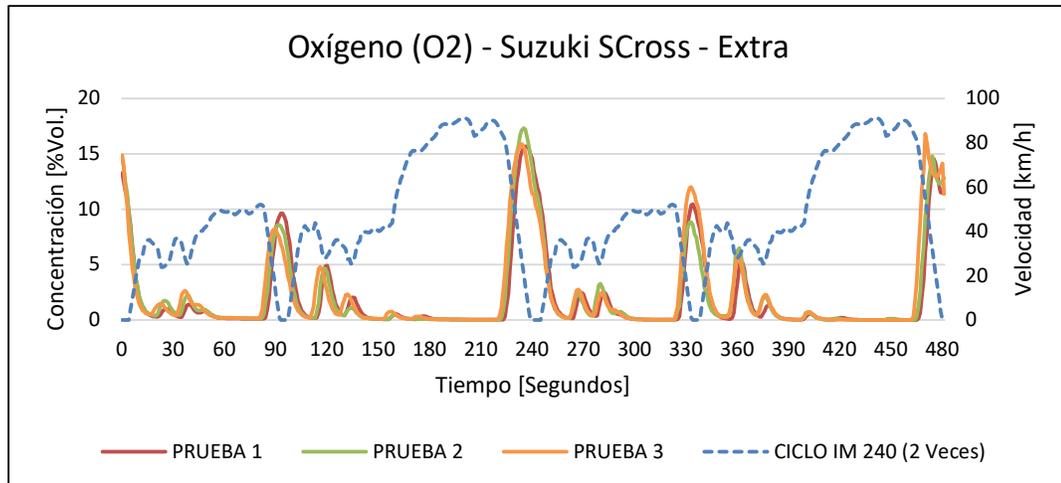


Gráfico 29-3: Oxígeno de Suzuki S-Cross con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

La diferencia de los resultados entre ambos combustibles para la cantidad de oxígeno es muy poco, ya que su comportamiento es de forma similar, al seguir los altos y bajos de las concentraciones al contrario del dióxido de carbono (gráfico 30-3).

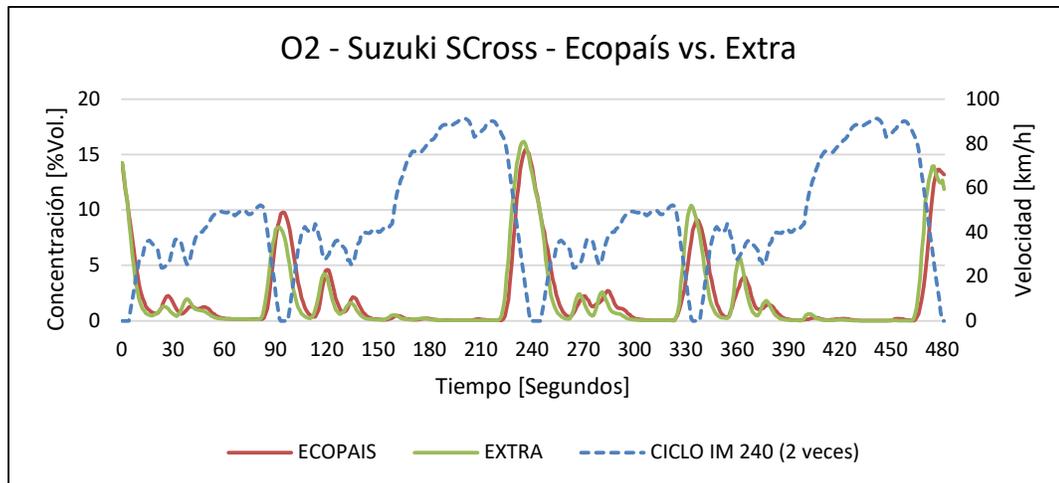


Gráfico 30-3: Oxígeno de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopáis y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.1.2.5. Óxidos de nitrógeno (NOx) de gasolina Ecopáis y Extra

En el gráfico 31-3 se puede observar que, de las tres pruebas realizadas con el combustible EC, la primera prueba ha tenido un valor alto al inicio del ensayo, posteriormente la segunda y tercera prueba ha tenido ascensos siguiendo los aumentos de las cargas en el vehículo. Los valores altos de óxido de nitrógeno pueden aparecer por aumentos de temperatura a presentarse a plena carga e igualmente por altas presiones de la cámara de combustión.

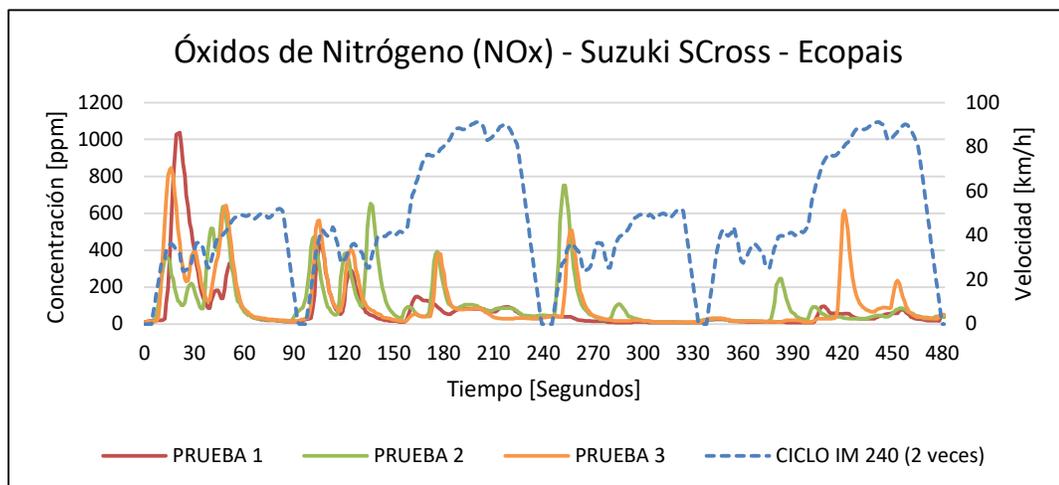


Gráfico 31-3: Óxidos de nitrógeno de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopáis

Realizado por: Piure H., García A. 2021

Las pruebas realizadas con el combustible EX representadas en el gráfico 32-3, se observa un leve desfase frente a la primera prueba, en los primeros segundos. Los óxidos de nitrógeno aumentan para la segunda y tercera prueba al momento de finalizar del segundo ciclo de conducción.

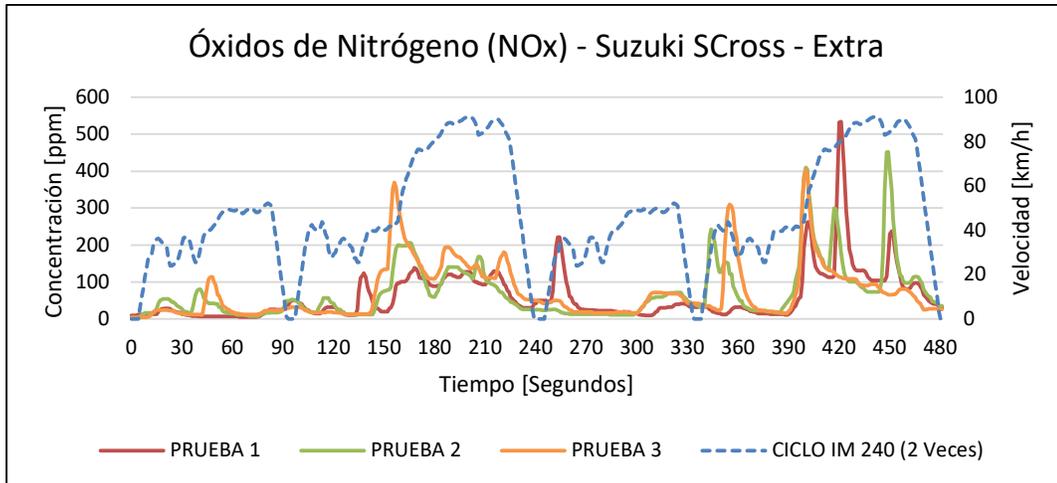


Gráfico 32-3: Óxidos de nitrógeno de Suzuki S-Cross con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

La comparación de los óxidos de nitrógeno para los dos combustibles ensayados, se observa en el gráfico 33-3 un aumento en la concentración con la gasolina EC en el primer ciclo transcurrido, posteriormente la influencia de la gasolina EX ha hecho ascender dichos valores. La diferencia se puede relacionar al aumento de carga y temperatura durante el seguimiento del ciclo, suponiéndose la capacidad del combustible de generar dicho gas contaminante el cual se calculará el factor posteriormente para el análisis de los rangos permitidos.

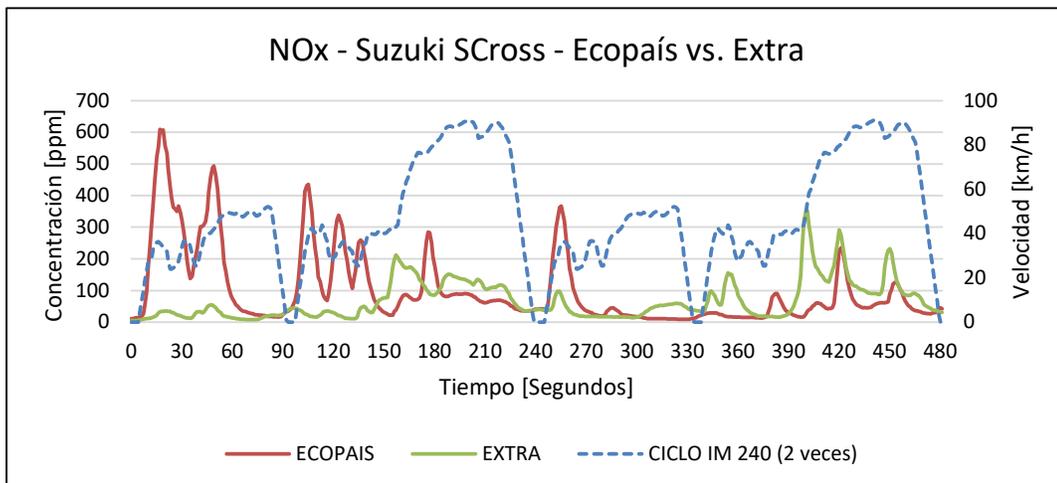


Gráfico 16-3: Óxidos de nitrógeno de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopais y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.1.2.6. Valor de lambda (λ) de gasolina Ecopais y Extra

El valor de lambda en las tres pruebas realizadas con la gasolina EC ha tenido un seguimiento similar durante la repetición del ciclo conducido (gráfico 34-3). Teniendo una leve mezcla pobre al descenso de velocidad aproximadamente a la mitad del transcurso de cada ciclo. También se

presenta una combinación entre una mezcla rica y pobre al momento de terminar un ciclo y comenzar el segundo, lo cual se debe a la caída de velocidad desde el punto de plena carga de la simulación en la conducción.

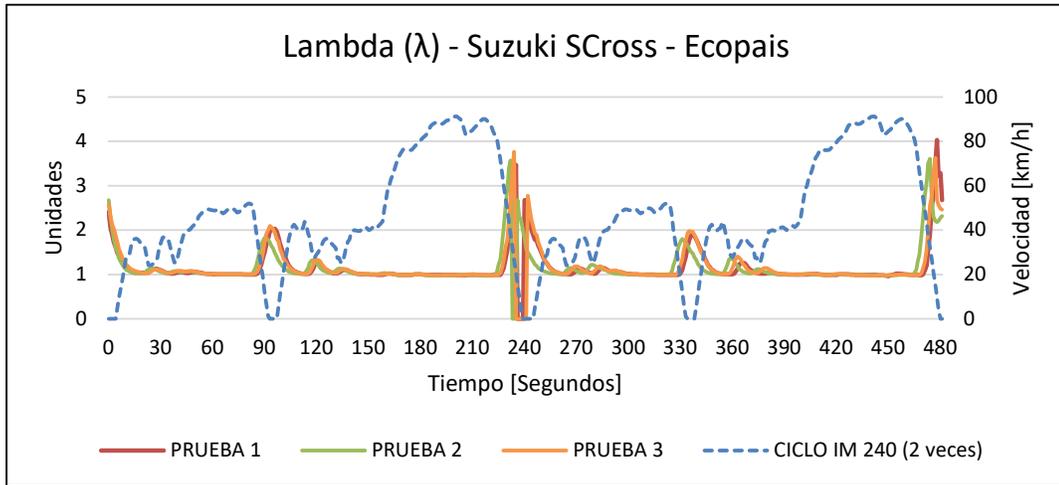


Gráfico 34-3: Valor de lambda de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopais

Realizado por: Piure H., García A. 2021

La gasolina EX representa una descripción en la gráfica 35-3 de forma semejante al usarse gasolina EC presentada en el gráfico 33-2. En la prueba dos tiene mayor variación al momento de iniciar la repetición del ciclo, pero manteniéndose a la par con las demás pruebas en todo el transcurso.

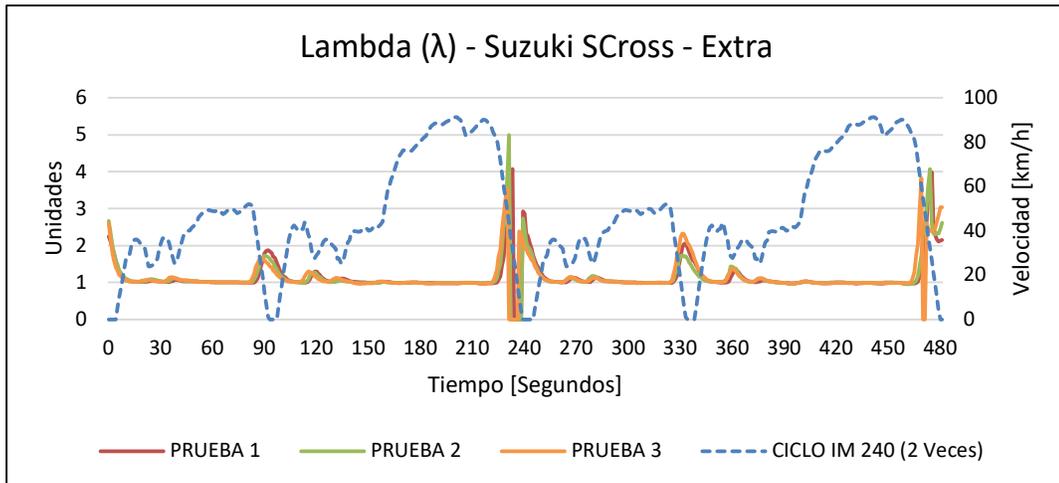


Gráfico 35-3: Valor de lambda de Suzuki S-Cross con gasolina Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

El gráfico 36-3 representa la variación entre las pruebas realizadas entre la gasolina EC y EX, obteniéndose datos similares para ambos combustibles y manteniéndose la mayoría del tiempo en una relación estequiométrica de 1. La diferencia se puede encontrar al término del transcurso del

primer ciclo, el cual se nota una mayor variación de la mezcla con la gasolina EX alejándose del valor estequiométrico.

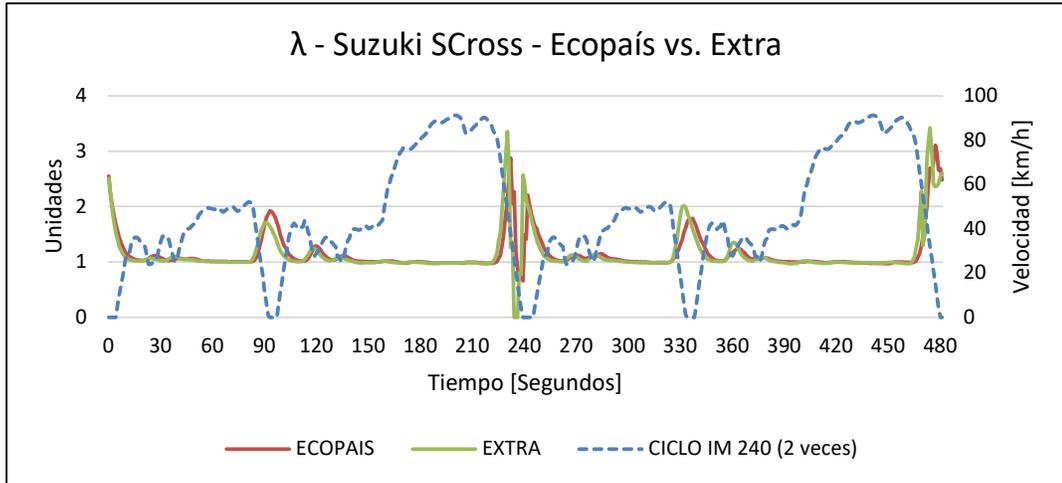


Gráfico 36-3: Valor de lambda de Suzuki S-Cross con gasolina Ecopaís y Extra

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.2. Resultados del consumo de combustible

El consumo de combustible es un factor importante para el cálculo de los factores de emisión, por ello se ha obtenido la medición del mismo en cada prueba para que la estimación de los factores sea lo más precisa posible. En la tabla 5-2 se han recopilado el consumo de cada repetición de las pruebas utilizando los dos tipos de gasolina, por lo que se pudo destacar una diferencia entre el rendimiento en kilómetros por un litro o galón de combustible. El resultado entre los promedios calculados, la gasolina EX tiene un mayor rendimiento para ambos vehículos frente a la gasolina EC, la información detallada de los resultados del consumo de combustible se presenta en los anexos I y J.

Tabla 5-3: Consumo de combustible de Mazda BT-50 y Suzuki S-Cross

Vehículos	Unidades	EXTRA				ECOPAIS			
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
Mazda BT-50	(Km/L)	9.14	9.01	9.14	9.10	8.65	9.14	8.53	8.78
	(Km/Gal)	34.56	34.07	34.56	34.40	32.69	34.56	32.26	33.17
Suzuki S-Cross	(Km/L)	17.78	17.78	16.84	17.47	16.41	16.84	17.30	16.85
	(Km/Gal)	67.20	67.20	63.66	66.02	62.03	63.66	65.38	63.69

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.3. Resultados de factores de emisión

Los factores de emisión se han calculado a partir de las concentraciones volumétricas de los gases de escape y el consumo de combustible medida en cada prueba. El laboratorio del CCICEV ha proporcionado los valores respectivos del ensayo para el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos de nitrógeno (NOx), los cuales se pueden observar en las siguientes tablas de los respectivos vehículos estudiados, los cálculos efectuados de las ecuaciones de factores de emisión se detallan en el anexo B.

3.3.1. Vehículo Mazda BT-50 año 2012

En la tabla 6-3 se han recopilado los valores de los tres factores de emisión por cada de las tres pruebas realizadas con los dos tipos de combustibles en el vehículo BT año 2012. El promedio de estos nos da un análisis rápido frente al otro carburante, teniendo la gasolina EX con mayor cantidad de gramos por kilómetro recorrido emitidos al ambiente, detallándose en el anexo I con más información.

Tabla 6-3: Factores de emisión del vehículo Mazda BT-50 año 2012

Parámetros	EXTRA				ECOPAIS			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
FCO (g/km)	5.429	5.046	4.764	5.080	5.079	4.690	4.811	4.860
FHC (g/km)	0.071	0.058	0.063	0.064	0.054	0.048	0.048	0.050
FNOX (g/km)	0.546	0.543	0.528	0.539	0.430	0.463	0.426	0.440

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.3.2. Vehículo Suzuki S-Cross año 2018

En la tabla 7-3 se han recopilado los valores de los tres factores de emisión por cada de las tres pruebas realizadas con los dos tipos de combustible en el vehículo SC año 2018. El promedio de estos nos da un análisis rápido frente al otro combustible, teniendo la gasolina EX al CO y HC con mayor cantidad de gramos por kilómetro recorrido emitidos al ambiente y para la gasolina EC resultado ser más contaminante el NOx, tal como como se detalla más información en el anexo J.

Tabla 7-3: Factores de emisión del vehículo Suzuki S-Cross año 2018

Parámetros	EXTRA				ECOPAIS			
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio
FCO (g/km)	1.749	1.820	1.996	1.855	1.480	1.454	1.301	1.412
FHC (g/km)	0.014	0.014	0.018	0.015	0.009	0.007	0.007	0.008
FNOX (g/km)	0.040	0.048	0.051	0.046	0.058	0.079	0.077	0.071

Realizado por: Piure H., García A. 2021

3.4. Discusión de resultados

Las pruebas realizadas en el laboratorio del CCICEV siguiendo lo especificado en la metodología, se ha obtenido las concentraciones volumétricas de los gases de escape y el consumo de

combustible. A partir de estas mediciones se ha calculado los factores de emisión, para así poder ser analizados estadísticamente mediante el software mencionado en el capítulo 2 y evaluar los dos tipos de combustibles y vehículos seleccionados. Especificaciones de los combustibles en el anexo K.

3.4.1. Consumo de combustible

La prueba de múltiple rango para la variable dependiente (consumo de combustible) se presenta en la tabla 8-3, en la cual se han identificado 2 grupos homogéneos, uno para cada vehículo según la alineación de las X's en columnas. No existe diferencias estadísticamente significativas entre los dos combustibles usados en cada automotor, ya que comparten una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 por ciento de confianza. Se observa que hay diferencia significativa entre el SC al recorrer más kilómetros por litro de combustible, esto por tener un motor de menor cilindrada frente al otro. En cambio, en cada automotor se evidencia una misma tendencia a mejorar el rendimiento en kilómetros con el mismo consumo utilizando gasolina EX y EC.

Tabla 8-3: Análisis de diferencias significativas para el consumo de combustible

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
CS-BT-EC	3	8.775	X
CS-BT-EX	3	9.1	X
CS-SC-EC	3	16.8497	X
CS-SC-EX	3	17.466	X

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El consumo de combustible para ambos automotores ha aumentado en cierto porcentaje, como se puede mostrar en la gráfica 37-3 de caja y bigotes. Los vehículos BT y SC usando gasolina EC destacaron un creciente consumo de combustible del 3.7 % respecto a la gasolina EX.

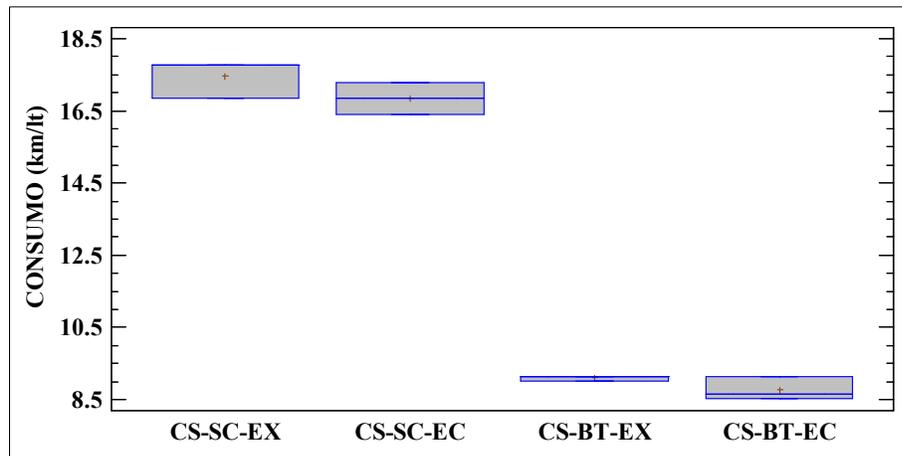


Gráfico 37-3: Comparación del consumo de combustible entre vehículos y gasolinas

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El gráfico 38-3 manifiesta la relación que se obtiene del rendimiento en kilómetros ante el mismo consumo de combustible en función del tipo de gasolina y los vehículos. La superficie de respuesta despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos, definiéndose el modelo matemático que relaciona las variables. Los mejores valores para maximizar el rendimiento del consumo se obtienen en el SC al usar gasolina EX, teniendo un valor óptimo de 17.466 km/lt.

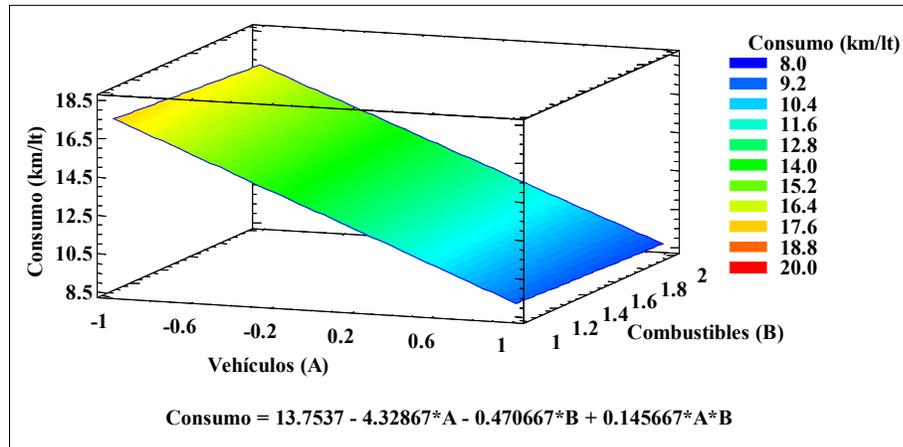


Gráfico 38-3: Superficie de respuesta para el análisis del consumo de combustible

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El gráfico 39-3 representa el diagrama de Pareto estandarizado para el consumo de combustible, donde se representan los efectos significativos de los factores ensayados. La barra de color gris indica un efecto positivo o en el nivel superior (interacción AB), mientras que las barras color azul indican un efecto negativo o en el nivel inferior (vehículos y combustibles), sobre el rendimiento del combustible. El análisis evidencia que los vehículos son estadísticamente significativos en la cantidad de kilómetros recorridos por un litro del carburante, aproximándose también los tipos de combustible a tener influencia.

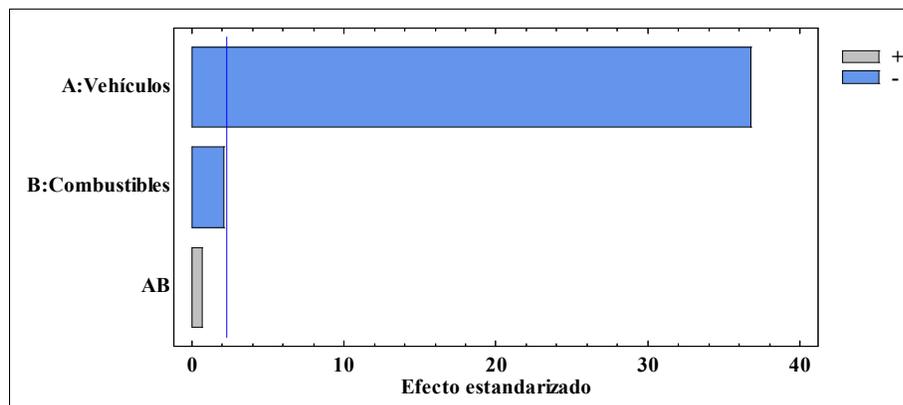


Gráfico 39-3: Diagrama de Pareto estandarizado para el consumo de combustible

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

En el análisis estadístico del consumo de combustible representado principalmente en la tabla 8-3 y gráfico 37-3, se relacionan con otras investigaciones realizadas donde se puede comparar los resultados. El consumo de combustible presentó una diferencia significativa entre los vehículos, mas no entre los combustibles estudiados. Al evaluar el consumo entre las gasolinas, se destacó que, aunque no haya una diferencia que represente importancia, la gasolina EX resultó con mejor rendimiento respecto a la EC en ambos automotores. Resultados verificados con la investigación realizada por Ramadhas et al. (2016, p.4), donde la mezcla de gasolina con etanol (E5, E10, E20) ensayada con 50% de carga al motor y a 4500 rpm, mostró un consumo mayor frente a la gasolina pura. Todos estos datos obtenidos coinciden con los análisis expuestos por Espinoza et al. (2020, pp.41-49) y Schifter et al. (2011, pp.343-360), en los cuales afirman que el porcentaje de etanol en la mezcla es directamente proporcional al consumo específico del combustible, este hecho aboga por un efecto positivo del alcohol en la eficiencia del carburante que contrarresta la reducción del poder calorífico neto. Por lo tanto, es que la gasolina EC al contener un 5 % de etanol, no representa un valor significativo para su diferencia con la EX.

3.4.2. *Monóxido de carbono (FCO)*

La prueba de múltiple rango para la variable dependiente (FCO) se presenta en la tabla 9-3, en la cual se han identificado 3 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. Solamente no existe diferencias estadísticamente significativas entre los dos combustibles usados en el vehículo BT, ya que comparten una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 por ciento de confianza. Se evalúa que hay diferencia significativa en el automotor SC, esto al emitir menos cantidad de masa del contaminante a la atmósfera con la gasolina EC frente a la EX. En cambio, en la fuente móvil BT se evidencia una tendencia a aumentar los gramos de CO por kilómetro tratando con ambos combustibles

Tabla 9-3: Análisis de diferencias significativas para el FCO

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
FCO-SC-EC	3	1.41167	X
FCO-SC-EX	3	1.855	X
FCO-BT-EC	3	4.86	X
FCO-BT-EX	3	5.07967	X

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El factor de emisión de CO para ambos automotores ha disminuido en cierto porcentaje, como se puede mostrar en el gráfico 40-3 de caja y bigotes. El vehículo BT con la gasolina EC destacó una reducción de gramos de CO por kilómetro en un 4.3 % con relación a la gasolina EX. En el caso del vehículo SC obtuvo una mayor reducción de gramos de CO por kilómetro del 23.9 % al utilizar gasolina EC respecto a la EX.

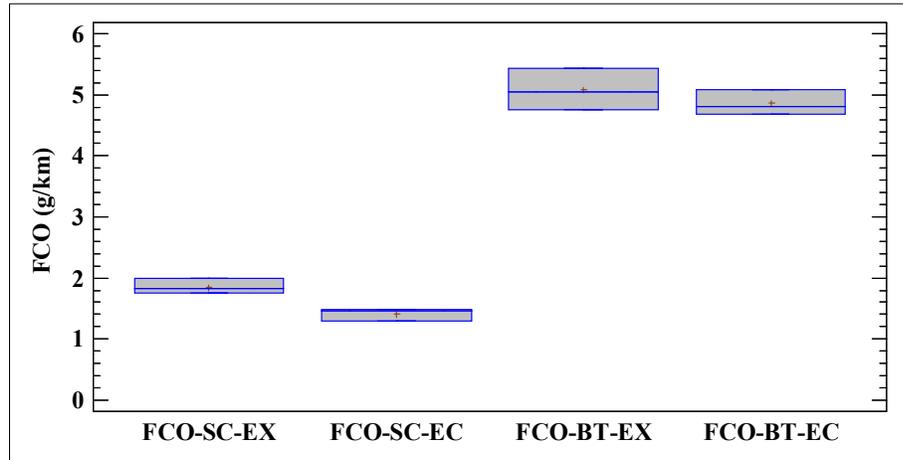


Gráfico 40-3: Comparación del FCO entre vehículos y gasolinas

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El gráfico 41-3 manifiesta la relación que se obtiene del monóxido de carbono en gramos ante un kilómetro recorrido en función del tipo de gasolina y los vehículos. La superficie de respuesta despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos, definiéndose el modelo matemático que relaciona las variables. Los mejores valores para minimizar la exposición de CO al ambiente se obtienen en el SC al usar gasolina EC, teniendo un valor óptimo de 1.41 g/km.

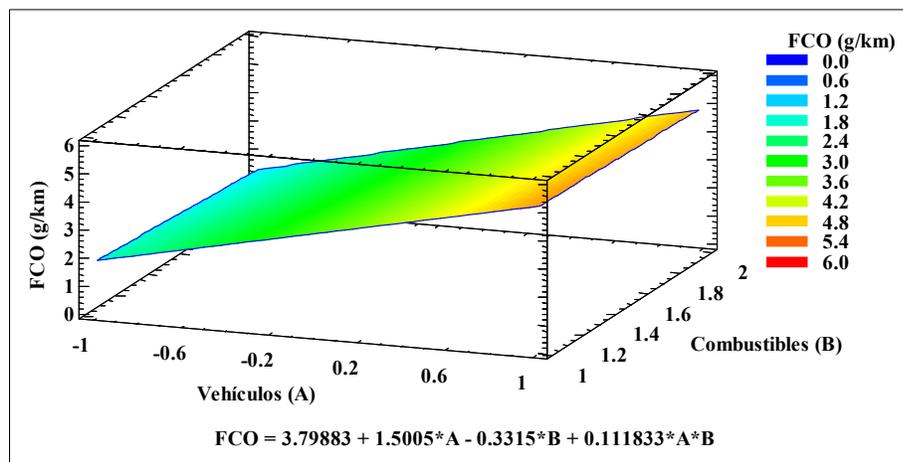


Gráfico 41-3: Superficie de respuesta para el análisis del FCO

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El gráfico 42-3 representa el diagrama de Pareto estandarizado para el monóxido de carbono, donde se representan los efectos significativos de los factores ensayados. Las barras de color gris indican un efecto positivo o en el nivel superior (vehículos e interacción AB), mientras que la barra color azul indican un efecto negativo o en el nivel inferior (combustibles), sobre el factor de emisión CO. El análisis evidencia que los vehículos y el tipo de combustible son estadísticamente significativos en la cantidad de producción del contaminante en gramos por kilómetro.

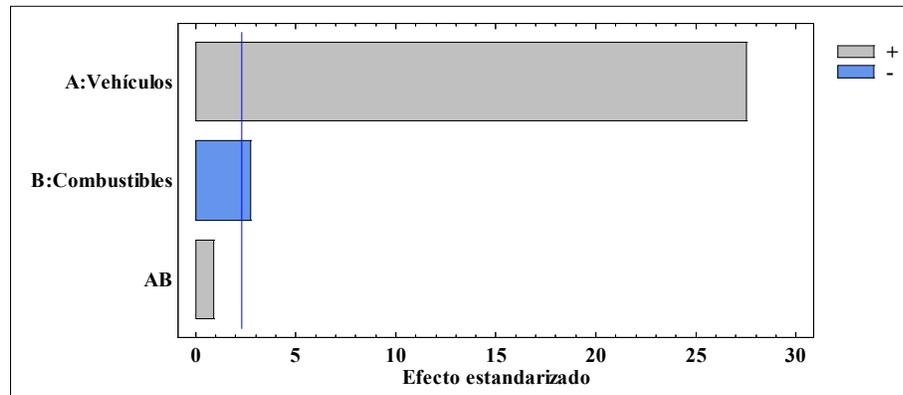


Gráfico 42-3: Diagrama de Pareto estandarizado para el FCO

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

En el análisis estadístico de este contaminante representado principalmente en la tabla 9-3 y gráfico 40-3, se relacionan con otras investigaciones realizadas en condiciones similares. Las emisiones de CO no presentaron una diferencia significativa entre los combustibles, pero sí una reducción al usarse mezcla de gasolina con etanol en ambos vehículos, resultados que concuerdan con lo referido por Hernández et al. (2014, pp.236-242) y Sudarmanta et al. (2014, pp.273-280), lo cual destacan que al incrementarse dicho porcentaje de alcohol la disminución del gas es mayor. Así mismo en pruebas dinámicas similares realizadas por los autores Celi-Ortega et al. (2018, pp.1-10), resultaron las emisiones de CO 61.47 % menores con el biocombustible E5 entre el estudio con una gasolina pura como lo es la Super. Estas relaciones sustentan la presente investigación donde al realizarse pruebas a una misma altitud, los vehículos y combustible influyen directamente en el resultado.

3.4.3. Hidrocarburos (FHC)

La prueba de múltiple rango para la variable dependiente (FHC) se presenta en la tabla 10-3, en la cual se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. Existe diferencias estadísticamente significativas entre los dos combustibles y en ambos vehículos, ya que no comparten una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD)

de Fisher con un nivel del 95.0 por ciento de confianza. Se concluye que hay diferencia significativa entre los dos combustibles estudiados para los vehículos SC y BT, esto al librar menos cantidad de masa del contaminante a la atmósfera con la gasolina EC frente a la EX.

Tabla 10-3: Análisis de diferencias significativas para el FHC

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
FHC-SC-EC	3	0.00766667	X
FHC-SC-EX	3	0.01533333	X
FHC-BT-EC	3	0.05	X
FHC-BT-EX	3	0.064	X

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El factor de emisión de HC para ambos automotores ha disminuido en cierto porcentaje, como se puede mostrar en el gráfico 43-3 de caja y bigotes. El automotor BT con la gasolina EC acentuó una reducción de gramos de HC por kilómetro en un 21.9 % con relación a la gasolina EX. En el caso del vehículo SC alcanzó una reducción de hasta la mitad del contaminante, es decir descendió el 50 % de gramos de HC por kilómetro al emplearse gasolina EC respecto a la EX.

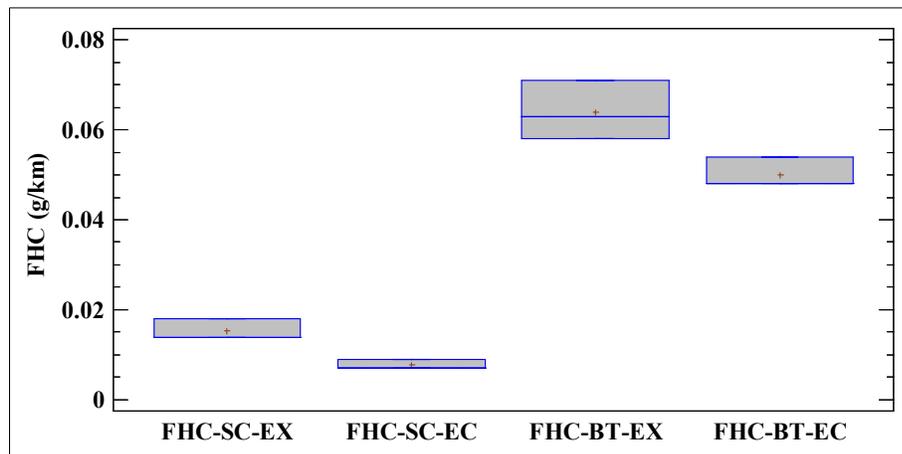


Gráfico 43-3: Comparación del FHC entre vehículos y gasolinas

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El gráfico 44-3 manifiesta la relación que se obtiene de los hidrocarburos no quemados en gramos ante un kilómetro recorrido en función del tipo de gasolina y los vehículos. La superficie de respuesta despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos, definiéndose el modelo matemático que relaciona las variables. Los mejores valores para minimizar la emisión de HC a la atmósfera se obtienen con el vehículo SC al usar gasolina EC, teniendo un valor óptimo de 0.007 g/km.

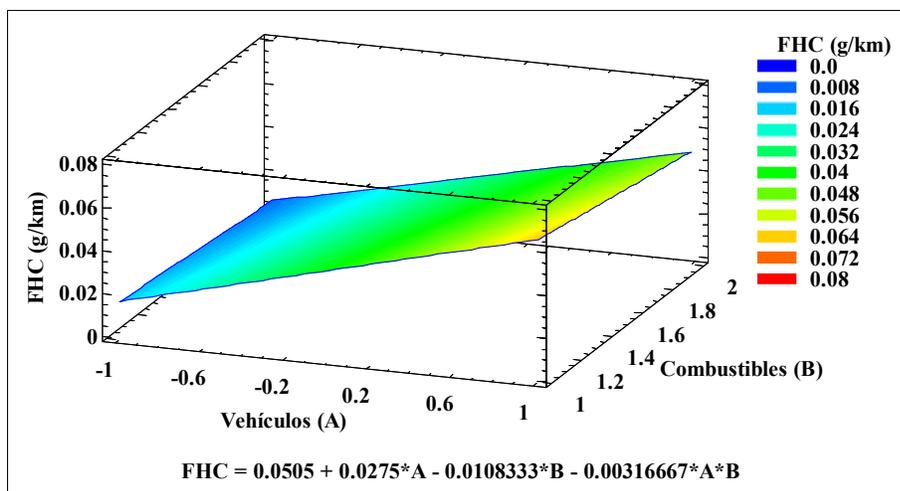


Gráfico 44-3: Superficie de respuesta para el análisis del FHC

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El gráfico 45-3 representa el diagrama de Pareto estandarizado para los hidrocarburos no quemados, donde se representan los efectos significativos de los factores ensayados. La barra de color gris indica un efecto positivo o en el nivel superior (vehículos), mientras que las barras color azul indican un efecto negativo o en el nivel inferior (combustibles e interacción AB), sobre el factor de emisión HC. El análisis evidencia que los vehículos y el tipo de combustible son estadísticamente significativos en la emanación del contaminante en gramos por kilómetro.

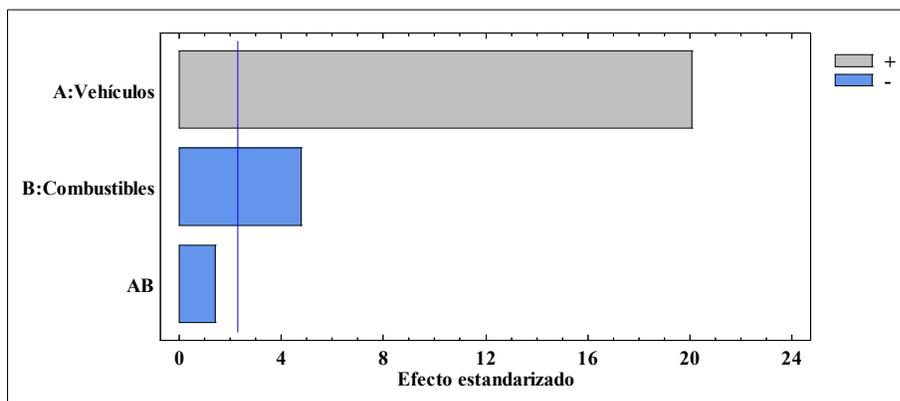


Gráfico 45-3: Diagrama de Pareto estandarizado para el FHC

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

En el análisis estadístico de este contaminante representado principalmente en la tabla 10-3 y gráfico 43-3, se relacionan con otras investigaciones realizadas en condiciones similares. Las emisiones de HC, particularmente del vehículo BT, coinciden con los resultados obtenidos por Calero et al. (2018, pp.41-44), ya que se evidencia una diferencia significativa entre los combustibles estudiados. También se presentan datos dados por pruebas dinámicas realizadas por Celi-Ortega et al. (2018, pp.1-10), donde la gasolina con etanol resaltó con una reducción del 57.68 % la gasolina

normal. Para ambos vehículo la disminución de HC alrededor de un 20% y 35% al usarse un combustible con etanol, concuerdan con los valores presentados por Erazo et al. (2018, pp.28-37), Pleanjai et al. (2014, pp.142-147) y Li et al. (2015, pp.627-631).

3.4.4. Óxidos de nitrógeno (FNOx)

La prueba de múltiple rango para la variable dependiente (FNOx) se presenta en la tabla 11-3, en la cual se han identificado 4 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. Existe diferencias estadísticamente significativas entre los dos combustibles usados en ambos vehículos, ya que no comparten una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95.0 por ciento de confianza. Se resalta que hay diferencia significativa en el automotor SC, esto al liberar menos cantidad de masa del contaminante a la atmósfera con la gasolina EX frente a la EC. En cambio, la fuente móvil BT expone menos cantidad de masa del contaminante a la atmósfera con la gasolina EC frente a la EX.

Tabla 11-3: Análisis de diferencias significativas para el FNOx

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
FNOX-SC-EX	3	0.0463333	X
FNOX-SC-EC	3	0.0713333	X
FNOX-BT-EC	3	0.439667	X
FNOX-BT-EX	3	0.539	X

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El factor de emisión de NOx para ambos automotores ha disminuido en cierto porcentaje, como se puede mostrar en el gráfico 46-3 de caja y bigotes. La fuente móvil BT con la gasolina EC mostró una reducción de gramos de NOx por kilómetro en un 18.4 % con relación a la gasolina EX. En el caso del vehículo SC sus valores resultaron contrarios, obteniendo una reducción de gramos de NOx por kilómetro del 35.05 % al combustionar gasolina EX respecto a la EC.

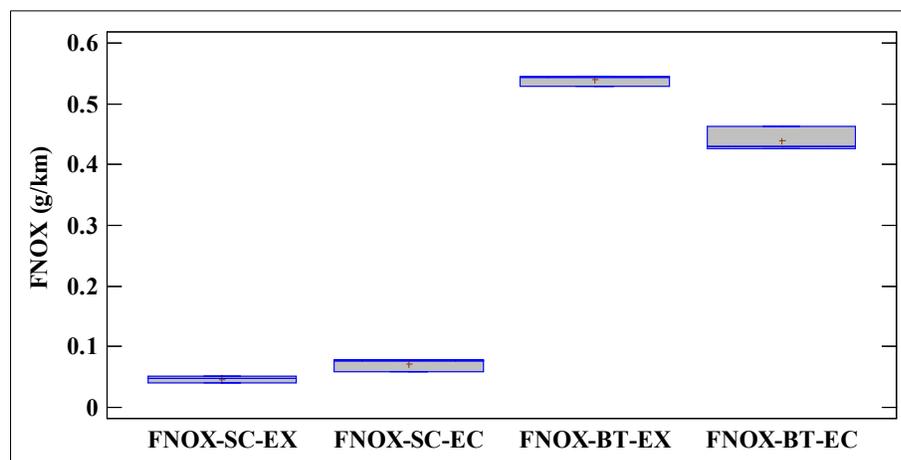


Gráfico 46-3: Comparación del FNOx entre vehículos y gasolinas

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El gráfico 47-3 manifiesta la relación que se obtiene de los óxidos de nitrógeno en gramos ante un kilómetro recorrido en función del tipo de gasolina y los vehículos. La superficie de respuesta despliega la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos, definiéndose el modelo matemático que relaciona las variables. Los mejores valores para minimizar la emisión de NOx a la atmósfera se obtienen en el vehículo SC al usar gasolina EX, teniendo un valor óptimo de 0.046 g/km.

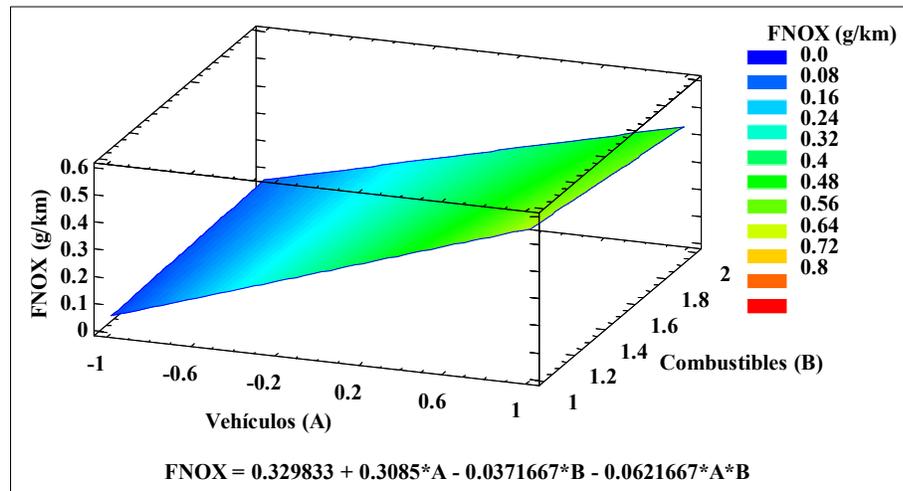


Gráfico 47-3: Superficie de respuesta para el análisis del FNOx

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

El gráfico 48-3 representa el diagrama de Pareto estandarizado para los óxidos de nitrógeno, donde se representan los efectos significativos de los factores ensayados. La barra de color gris indica un efecto positivo o en el nivel superior (vehículos), mientras que las barras color azul indican un efecto negativo o en el nivel inferior (interacción AB y combustibles), sobre el factor de emisión NOx. El análisis evidencia que los vehículos, el tipo de combustible y la interacción entre ambos factores son estadísticamente significativos al emitir gramos del contaminante por kilómetro.

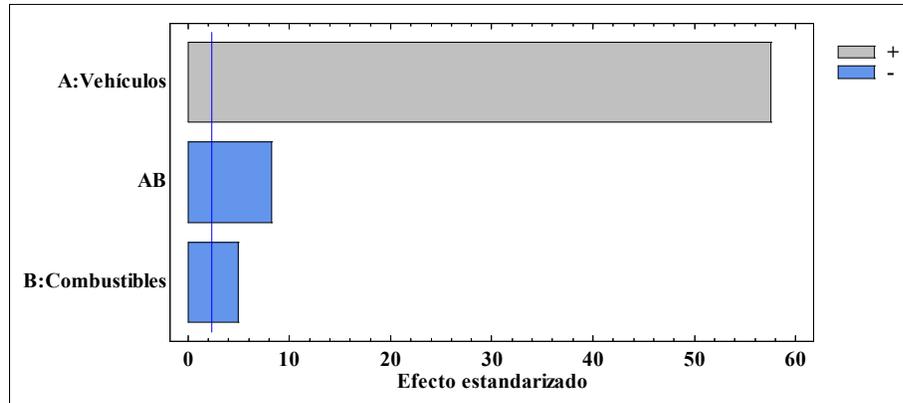


Gráfico 48-3: Diagrama de Pareto estandarizado para el FNOx

Realizado por: Piure, H.; García, A., 2021

En el análisis estadístico de este contaminante representado principalmente en la tabla 11-3 y gráfico 46-3, se relacionan con otras investigaciones realizadas en condiciones similares. Las emisiones de NOx de la presente investigación coinciden con los resultados descritos por Calero et al. (2018, pp.41-44), al reducir el factor de emisión con un combustible con etanol en la fuente móvil BT, mientras que Celi-Ortega et al. (2018, pp.1-10) obtuvo 68.16 % más alto del contaminante con el EC. Sin embargo, para el automotor SC se verifica el alto contenido de 33.13 % NOx al emplearse gasolina EC respecto a la EX, obtenidos de un vehículo semejante estudiado por Llanes et al. (2018, pp.149-158). Este análisis contrario entre los automotores se valida con el estudio publicado por Ozsezen y Canakci (2011, pp.2747-2752), donde se presentó un aumento del 1% de NOx con la mezcla E5 respecto al carburante puro. Toda esta evaluación final se corrobora con los efectos descritos por Erazo et al. (2018, pp.28-37), donde la gasolina EX expendida en tres estaciones de servicio tiene un porcentaje menor de NOx relacionada con la EC, mientras que en un punto de abastecimiento resultó lo contrario. Destacándose en la formación de NOx la dependencia de la relación aire-combustible, las temperaturas de la cámara de combustión y las condiciones de funcionamiento del motor.

CONCLUSIONES

- El bajo consumo de combustible es más eficiente con la gasolina EX, la cual rinde mayor distancia recorrida por un mismo volumen frente a la EC, aunque no exista una diferencia significativa entre ambos. Esta investigación ha demostrado que el biocombustible al tener un porcentaje de etanol, presenta un poder calorífico menor y por ello es necesario mayor cantidad del combustible en la combustión, pero al tener solamente un 5% no se destaca un consumo considerable. En el caso de los vehículos, si existe una diferencia significativa, ya que se tiene motores de cilindraje distintos y por lo tanto la fuente móvil BT de 2.2 litros va a consumir mucho más que el vehículo SC de 1.6 litros. Argumentando que los automotores son los que mayor influencia tienen ante el rendimiento del combustible, aproximándose por el carburante al tener un efecto dependiendo de la composición de la gasolina.
- El monóxido de carbono en concentraciones volumétricas es más irregular durante el ciclo IM 240 con los dos tipos de combustibles en la fuente móvil BT, al momento que decae la velocidad a cero se presentan picos bajos con la gasolina EC, y con la EX tiende a aumentar dichos valores en gran cantidad. En cambio, en el vehículo SC las curvas son más estables con la gasolina EC, y en el aumento de velocidad ascienden levemente su puntuación, pero al usarse gasolina EX el trazado se mantiene irregular con porcentajes altos durante más tiempo. Los factores de emisión de CO obtenidos destacan una cantidad mayor del contaminante en un 5 % en el automotor BT y un 31 % en el SC al usarse gasolina EX con respecto a la EC. Culminando que los vehículos y combustibles son significativos en la emisión de CO a la atmósfera, por lo tanto, se debería promover el uso de biocombustibles para su reducción y control del mismo.
- Las concentraciones de hidrocarburos en el vehículo BT con la gasolina EX presentan mayores picos al momento de entrar a la fase de desaceleración en el ciclo IM240, teniendo un comportamiento semejante del contaminante en menor proporción usando la gasolina EC. Mientras que con el automotor SC tiende a seguir el mismo patrón, pero los valores son más estables con la EC y más irregulares con la EX. Por otro lado, en los resultados del ensayo de los factores de emisión de HC usando EC demuestran una reducción del 21.9 % en la BT y un 46.66 % en el SC. Explicando que los vehículos y combustibles son significativos estadísticamente referente a la emisión de gramos de hidrocarburos no quemados al ambiente, por lo que se resalta el uso del biocombustible para la preservación del medio ambiente.
- Las concentraciones de óxidos de nitrógeno en el vehículo BT con la gasolina EX presenta más índices de contaminantes al momento de entrar a cada una de las fases de

aceleración del ciclo IM240, el mismo comportamiento se ve reflejado utilizando gasolina EC pero en menores cantidades. Lo contrario sucede en el SC, en este caso el biocombustible contamina más que el combustible fósil. Por otra parte, en los resultados de la prueba de los factores de emisión de NOx demuestran que en la fuente móvil BT la gasolina EC presentó una reducción de gramos por kilómetro en un 18.4 % con relación a la EX, a diferencia del SC donde la disminución se produjo al combustionar gasolina sin etanol en un 35.05 % con respecto a la gasolina etanolada al 5%. Finalizando que los vehículos, combustibles y la interacción entre ellos son significativos estadísticamente referente a la emisión de NOx al medio ambiente, por lo que la composición de cada gasolina interactúa diferente entre cada automotor con cierto grado de eficiencia.

RECOMENDACIONES

- En la obtención de los vehículos para su respectivo análisis de emisiones, es necesario investigar los modelos y año que son los más demandados por los usuarios, puesto que cada cual tiene características únicas y se podría verificar si los mismos cumplen la normativa INEN vigente en el país.
- Se aconseja utilizar esta metodología, resultado de la combinación de las normativas EPA y EURO para monitorear los vehículos que ingresan al país bajo la modalidad de la prueba IM-240, considerada una muestra del ciclo de conducir en tiempo real y además de ser la más económica en comparación a otras que se aplican en otros países.
- Es recomendable realizar un inventario de emisiones de todos los vehículos en su mayoría dentro de una localidad, ya que con ello se puede diagnosticar si presenta alguna anomalía y pueda interferir con algún dato no apropiado que perturbaría nuestra investigación, mediante la aplicación del factor de emisión.
- Se sugiere que, para obtener la máxima eficiencia de los datos de emisiones vehiculares, se debe repetir la prueba por lo menos 4 veces en un vehículo y verificar si los datos proporcionados no haya una diferencia significativa entre ellos.

BIBLIOGRAFÍA

"Inyección de combustible". Como Funciona [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 28 noviembre 2020]. Disponible en: <https://como-funciona.co/una-inyeccion-de-combustible-sistema/>.

AEADE. ANUARIO ECUADOR 2019. Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. 2020a. [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en: https://www.aeade.net/wp-content/uploads/2020/07/AEADE-ANUARIO-2019-OK_1.pdf.

AEADE. Boletín de sector automotriz en cifras. Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2020b.

AEADE. En tres provincias se concentra la mayor compra de carros eléctricos. El Universo. 2020c. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/08/12/nota/7939423/mercado-vehiculos-electricos-ecuador-2020>.

AEMA. Muertes prematuras atribuibles a la contaminación atmosférica. Agencia Europea de Medio Ambiente. 2016.

AMT. Pasos, fechas y sanciones... el ABC de la matriculación vehicular en Quito desde el 14 de septiembre del 2020 | El Comercio. El Comercio, 2020.

ANTAMBA, Jaime; et al. Estudio comparativo de gases contaminantes en un vehículo M1, utilizando gasolina de la Comunidad Andina. no. 3. Enfoque UTE, 2016. vol. 7, pp. 110-119. [Consulta: 25 noviembre 2020]. DOI 10.29019/enfoqueute.v7n3.109. Disponible en: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>.

ARÉVALO, José; et al. Diagnóstico del sistema de alimentación de combustible de un vehículo de inyección a gasolina. no. 5. JUVENTUD Y CIENCIA SOLIDARIA, 2018. vol. 2, pp. 6-11.

ARTÉS, David. Los límites de la eficiencia térmica en motores gasolina y diésel. Tecmovia, 2012. [Consulta: 11 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/10/02/los-limites-de-la-eficiencia-termica-en-motores-gasolina-y-diesel/>.

CABRERA, Angel. Diferencia Entre Los Ciclos Otto Real y Teórico. SCRIBD. 2018. [Consulta: 13 noviembre 2020]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/425844785/Diferencia-Entre-Los-Ciclos-Otto-Real-y-Teorico>.

CAIZA, Pablo & PORTILLA, Ángel. Determinación de la influencia de la altura en emisiones contaminantes de un vehículo con motor de ciclo otto, de inyección electrónica de gasolina. 2010. S.l.: Escuela Politécnica Nacional.

CALERO, Edison; et al. Evaluación en ruta de las emisiones vehiculares en frío a 2850 msnm

con oxigenación de gasolina a base de etanol. XIII CONGRESO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ESPE, 2018. pp. 41-44. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/325999518_Evaluacion_en_ruta_de_las_emisiones_vehiculares_en_frio_a_2850_msnm_con_oxigenacion_de_gasolina_a_base_de_etanol.

CÁRDENAS, Erick et al. Análisis del comportamiento de los gases de escape del vehículo Nissan Sentra Wagon previo a la revisión técnica vehicular. JUVENTUD Y CIENCIA SOLIDARIA, 2020. pp. 6-10. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18964%0Ahttps://bit.ly/332gOhT.%0Ahttps://sites.google.com>.

CELI-ORTEGA, Santiago; et al. Comportamiento de las emisiones en motor de encendido provocado a base de etanol a 2850 msnm. UTCiencia, 2018. vol. 1, no. 5, pp. 1-10. [Consulta: 8 abril 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326165518_Comportamiento_de_las_emisiones_en_motor_de_encendido_provocado_a_base_de_etanol_a_2850_msnm.

CELI, Santiago; et al. Comportamiento de las emisiones en motor de encendido provocado a base de etanol a 2850 msnm. 2018. pp. 1-10. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326165518_Comportamiento_de_las_emisiones_en_motor_de_encendido_provocado_a_base_de_etanol_a_2850_msnm.

CESVI. ¿Qué son las normas Euro y por qué evolucionan?. Auto Crash. 2019. [Consulta: 13 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.revistaautocrash.com/que-son-las-normas-euro-y-por-que-evolucionan/>.

CHEVROLET. Suzuki S-Cross 2018. Chevrolet. 2019. [Consulta: 12 enero 2021]. Disponible en: <https://www.chevrolet.com.ec/content/dam/chevrolet/south-america/ecuador/espanol/index/crossovers-and-suvs/2019-s-cross/mov/02-pdfs/s-cross-ficha-tecnica.pdf>.

CINAE. Boletín Parque Automotor Circulante. Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana. 2020. [Consulta: 6 enero 2021]. Disponible en: https://www.cinae.org.ec/wp-content/uploads/2020/09/Parque_automotor_jun20.pdf.

CONTRERAS, Wilmer; et al. Aplicación de una red neuronal feed-forward backpropagation para el diagnóstico de fallas mecánicas en motores de encendido provocado. Ingenius, 2018. no. 21, pp. 32-40. [Consulta: 12 noviembre 2020]. DOI 10.17163/ings.n21.2019.03. Disponible en: <https://doi.org/10.17163/ings.n21.2019.03>.

CORPAIRE. Informe Final Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio DMQ. Quito. 2014.

DIESELNET. Estándares de emisión Europa: automóviles y camiones ligeros. Estándares de emisión. 2014a. [Consulta: 13 diciembre 2020]. Disponible en: <https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php>.

DIESELNET. Normas de emisión: EE. UU. : automóviles y camiones ligeros. Estándares de emisión. 2014b. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: https://dieselnet.com/standards/us/ld_t1.php.

EPA. FACTORES DE EMISIÓN. Establecimiento Público Ambiental de Cartagena. 2018. [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/gestion-ambiental/seguimiento-y-monitoreo/protocolo-monitoreo-calidad-del-aire-en-la-ciudad-de-cartagena/factores-de-emision/>.

ERAZO, Germán; et al. Gestión energética de rendimiento y ambiental en la adaptación de un sistema de inyección electrónica de combustible a un motor de combustión convencional para una producción más limpia. *Energía Mecánica, Innovación y Futuro*, 2012. no. 1, pp. 21-25. [Consulta: 27 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/299484928_Gestion_energetica_de_rendimiento_y_ambiental_en_la_adaptacion_de_un_sistema_de_inyeccion_electronica_de_combustible_a_un_motor_de_combustion_convencional_para_una_produccion_mas_limpia.

ERAZO, Germán; et al. Emisiones contaminantes generados por combustibles comerciales en Ecuador. *INVESTIGAR*, 2018. no. 2528-777X, pp. 28-37. [Consulta: 1 marzo 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327974578_Emisiones_contaminantes_generados_por_combustibles_comerciales_en_Ecuador.

ESPINOZA, Fabricio; et al. Algoritmo de predicción del consumo de combustible para mezcla de etanol anhidrido en ciudades de altura. *Ingenius*, 2020. no. 25, pp. 41-49. DOI 10.17163/ings.n25.2021.04.

FREY, H. & EICHENBERGER, D. Remote Sensing of Mobile Source Air Pollutant Emissions: Variability and Uncertainty in On-Road Emissions Estimates of Carbon Monoxide and Hydrocarbons for School and Transit Buses. 1997. Estados Unidos: [Consulta: 7 enero 2021]. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.413.5151&rep=rep1&type=pdf>.

GOIB. Sección de atmósfera-Factores de emisión. Servicio de Cambio Climático y Atmósfera. 2015. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: http://www.caib.es/sites/atmosfera/es/factores_de_emision_-58153/.

GÓMEZ, María. Normativa y efectos jurídicos de la contaminación atmosférica ocasionada por

los automotores en el Distrito Metropolitano de Quito. 2015. Quito: Universidad Central del Ecuador.

GONZÁLEZ, R.; et al. Consumo de combustible de los motores de combustión interna. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 2010. vol. 19, no. 1, pp. 1-6. [Consulta: 12 enero 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262518105_Consumo_de_combustible_de_los_motores_de_combustion_interna.

GUACHAMIN, Nelson. Implementación del Sistema de Inyección Electrónica a Gasolina a un vehículo Mazda 323. 2016. S.l.: Universidad San Francisco de Quito.

GUARDIA-PUEBLA, Yans; et al. Mejoras a la asignatura Diseño Estadístico de Experimentos para estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica. Revista Espacios, 2018. vol. 39, no. 30, pp. 10-24. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326689175_Mejoras_a_la_asignatura_Diseño_Estadístico_de_Experimentos_para_estudiantes_de_la_carrera_de_Ingeniería_Mecánica.

HERNANDEZ, Marcel; et al. Fuel economy and emissions of light-duty vehicles fueled with ethanol-gasoline blends in a Mexican City. Renewable Energy, 2014. vol. 72, pp. 236-242. DOI 10.1016/j.renene.2014.07.018.

IDEAM. EMISIONES POR FUENTES MOVILES. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2020. [Consulta: 7 enero 2021]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/emisiones-por-fuentes-moviles>.

INDAVE. La distribución variable y la sincronización de los tiempos del motor. Infotaller. 2016. [Consulta: 13 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.infotaller.tv/blogs/indave/distribucion-variable-sincronizacion-tiempos-motor_7_1029867004.html.

INEC. Parque automotor de Ecuador creció en 1.4 millones de vehículos en una década. Portal automotriz. 2019.

INECC. Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2014. S.l.: [Consulta: 26 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx>.

INEN. Validación y Certificación INEN: Control de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres. Servicio Ecuatoriano de Normalización. 2017. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <http://ininvalidacionycertificacion.blogspot.com/2017/04/control-de-emisiones->

contaminantes-de.html.

KOLANJIAPPAN, Velmurugan. Reduction of amine and biological antioxidants on NOx emissions powered by mango seed biodiesel. *Revista Facultad de Ingenieria*, 2017. vol. 2017, no. 84, pp. 46-54. DOI 10.17533/udea.redin.n84a06.

LI, Lan; et al. Exhaust and evaporative emissions from motorcycles fueled with ethanol gasoline blends. *Science of the Total Environment*, 2015. vol. 502, pp. 627-631. [Consulta: 8 febrero 2021]. DOI 10.1016/j.scitotenv.2014.09.068. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25302450/>.

LIQUI MOLY. Unidad JetClean Plus. Liqui Moly. 2020. [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: https://products.liqui-moly.com/unidad-jetclean-plus.html?__store=limo_b2b_com_es&__from_store=limo_b2b_com_it.

LLANES-CEDENO, Edilberto; et al. Evaluación energética y exergetica en un motor de combustión interna ciclo Otto de 1.6L. *Enfoque UTE*, 2018. vol. 9, no. 4, pp. 221-232. DOI 10.29019/enfoqueute.v9n4.365.

LLANES, Edilberto; et al. Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE*, 2018. vol. 9, no. 2, pp. 149-158. [Consulta: 22 noviembre 2020]. DOI 10.29019/enfoqueute.v9n2.201. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/325909332_Evaluacion_de_emisiones_de_gases_en_un_vehiculo_liviano_a_gasolina_en_condiciones_de_altura_Caso_de_estudio_Quito_Ecuador.

MAHA. MGT 5 con terminal de mano - MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co KG. MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. 2004. [Consulta: 12 enero 2021]. Disponible en: <https://www.maha.es/analizador-de-emisiones-mgt-5-con-terminal-de-mano.htm>.

MAHA. MAHA LPS 3000 R 200. MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. 2005. [Consulta: 12 enero 2021]. Disponible en: <https://www.maha.de/imagenes-bancos-de-funciones-y-potencia-lps-3000-r200.htm?rdeLocaleAttr=es>.

MARTÍN, Teresa; et al. Ciclo de Otto. *Termodinámica*. 2017. [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfísica/termo2p/otto.html>.

MARTÍNEZ, María. La importancia local y global del control de emisiones de vehículos. 2014. México: [Consulta: 7 enero 2021]. Disponible en: <https://theicct.org/sites/default/files/%5B9July%5D%20Keynote%20-%20Dr.%20Amparo%20Martinez%20-%20INECC.pdf>.

MAZDA. Mazda BT-50 2012. SCRIBD. 2014. [Consulta: 12 enero 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/243677834/Mazda-bt50-doblecabina-pdf>.

MICKELSEN, Jan & CLEMMENS, William. IM240 Repair Verification: An Inexpensive

Dynamometer Method on JSTOR. JSTOR, 1994. vol. 103, no. 6, pp. 530-541. [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/44611765?seq=1>.

MILLA, Julio; et al. Impacto del Ecodriving sobre las emisiones y consumo de combustible en una ruta de Quito. Enfoque UTE, 2020. vol. 11, no. 1, pp. 68-83. [Consulta: 7 enero 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338955783_Impacto_del_Ecodriving_sobre_las_emisiones_y_consumo_de_combustible_en_una_ruta_de_Quito_Impact_of_Ecodriving_on_fuel_emissions_and_consumption_on_road_of_Quito.

MINISTERIO DE AMBIENTE. Plan Nacional de la Calidad de Aire. Plan Nacional de la Calidad de Aire. 2017.

MINISTERIO DE HIDROCARBUROS. El precio de los combustibles no varía por el incremento del IVA. Recursos y Energía. 2017. Disponible en: <http://historico.hidrocarburos.gob.ec/el-precio-de-los-combustibles-no-varia-por-el-incremento-del-iva/>.

MIRANDA, Diana. Metodología de pruebas y su aplicación, para el diagnóstico de convertidores catalíticos, mediante ciclo ASM, en vehículos con motores de encendido provocado. 2016. S.l.: Escuela Politécnica Nacional. [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/10555067/ESCUELA_POLITECNICA_NACIONAL_FACULTAD_DE_INGENIERIA_MECANICA_LABORATORIO_DE_FUNDICION.

MIRANDA, Diana. Metodología de pruebas y su aplicación para el diagnóstico de convertidores catalíticos mediante ciclo ASM en vehículos con motores de encendido provocado. 2016. S.l.: Escuela Politécnica Nacional. [Consulta: 13 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/10555067/ESCUELA_POLITECNICA_NACIONAL_FACULTAD_DE_INGENIERIA_MECANICA_LABORATORIO_DE_FUNDICION.

MOLINA, David. Ajuste en los motores por regla ambiental. El Comercio. 2017. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ajuste-motores-reglaambiental-autos.html#:~:text=Ecuador busca reducir las emisiones,la norma denominada Euro 3.&text=Con ello%2C los motores de,deben cumplir con Euro 3.>

MOYER, Michael. El motor de combustión interna. Investigación y Ciencia, 2012. pp. 9. [Consulta: 11 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/la-unificacin-de-las-fuerzas-554/el-motor-de-combustin-interna-9302>.

NOAA. El transporte motorizado es el que más contamina. El Telégrafo. 2018. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/transporte->

motorizado-contaminacion-ambiental-ecuador.

OMS. Los efectos sobre la salud. WHO. 2014.

OMS. Departamento de Salud Pública, Medio Ambiente y Determinantes Sociales de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 2015.

ORTEGA, Alejandro. ESTUDIO EXPERIMENTAL OPTICO SOBRE INYECCION DIRECTA USANDO UN INYECTOR MULTIORIFICIO BAJO CONDICIONES DE FLASH BOILING Y SPRAY COLLAPSE. BMC Public Health, 2017. vol. 5, no. 1, pp. 29. [Consulta: 18 noviembre 2020]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/148808/Ortega - Estudio experimental de inyección de gasolina usando un inyector multiorificio GDI en co....pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

OZSEZEN, Ahmet & CANAKCI, Mustafa. Performance and combustion characteristics of alcohol-gasoline blends at wide-open throttle. Energy, 2011. vol. 36, no. 5, pp. 2747-2752. DOI 10.1016/j.energy.2011.02.014.

PERÉS, Matias; et al. Optimización evolutiva del tráfico urbano y las emisiones vehiculares. Programación Matemática y Software, 2016. vol. 8, no. 1, pp. 41-55. [Consulta: 24 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303023316_Optimizacion_evolutiva_del_trafico_urbano_y_las_emisiones_vehiculares.

PETROECUADOR. Los autos en el país consumieron 1.258 millones de galones de combustible en 2019. Expreso, 2020a.

PETROECUADOR. Los autos en el país consumieron 1.258 millones de galones de combustible en 2019. Expreso, 2020b. Disponible en: <https://www.expreso.ec/actualidad/economia/autos-pais-consumieron-1-258-millones-galones-combustible-2019-3028.html>.

PETROECUADOR, EP. GASOLINA SÚPER CON NUEVO OCTANAJE – EP PETROECUADOR. 2018. 1d. C. [Consulta: 27 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=6276>.

PEZANTES, Román & ZAMORA, Pedro. Caracterización del tipo de gasolina en función de la estequiometría de la mezcla y el adelanto del encendido mediante análisis de ruido de un motor ciclo otto, para una altitud de 2500 msnm. 2015. S.l.: Universidad Politécnica Salesiana. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7986/1/UPS-CT004855.pdf>.

PLATAS, M. Contaminación vehicular afecta a 650 ciudades del mundo. 2019. [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: <https://autosblogmexico.com/industria/contaminacion->

vehicular-afecta-a-650-ciudades-del-mundo-ar2143.

PLEANJAI, Somporn; et al. Effect of Ethanol-Blended Gasoline on the Concentration of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Particulate Matter in Exhaust Gas of Motorcycle. *Environmental and Rural Development*, 2014. vol. 5, no. 1, pp. 142-147.

POVEDA, Rafael. Debate sobre la calidad de las gasolinas. *El Comercio*. 2015. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/debate-calidad-de-gasolinas.html>.

RAMADHAS, A.; et al. Effect of Ethanol-Gasoline Blends on Combustion and Emissions of a Passenger Car Engine at Part Load Operations. *SAE Technical Papers*, 2016. vol. 28, no. 152, pp. 4. DOI 10.4271/2016-28-0152.

RAMIREZ, Jhonathan; et al. A new database of on-road vehicle emission factors for Colombia: A case study of bogota. *CTyF - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 2019. vol. 9, no. 1, pp. 73-82. DOI 10.29047/01225383.154.

RECALDE, Mauricio & REVELO, Romel. ANÁLISIS DE EMISIONES EN VEHÍCULOS A GASOLINA UTILIZANDO PRUEBAS ESTACIONARIA Y DINÁMICA MEDIANTE CICLO IM-240. 2015. S.l.: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Disponible en: <https://docplayer.es/94642649-Escuela-politecnica-nacional.html>.

RIBEIRO, Adeylson; et al. Influência da densidade de tráfego veicular na internação por câncer do aparelho respiratório no Município de São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 2019. vol. 35, no. 1, pp. 1-13. [Consulta: 29 noviembre 2020]. DOI 10.1590/0102-311X00128518. Disponible en: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama,>.

RIVERA, Néstor; et al. Estudio Del Comportamiento De Un Motor Ciclo Otto De Inyección Electrónica Respecto De La Estequiometría De La Mezcla Y Del Adelanto Al Encendido Para La Ciudad De Cuenca. *Revista Politécnica*, 2017a. vol. 40, no. 1, pp. 59-67. [Consulta: 13 noviembre 2020]. DOI 10.33333/rp.v40i1.766. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292017000300059&lang=es.

RIVERA, Néstor; et al. Estudio Del Comportamiento De Un Motor Ciclo Otto De Inyección Electrónica Respecto De La Estequiometría De La Mezcla Y Del Adelanto Al Encendido Para La Ciudad De Cuenca. *Revista Politécnica*, 2017b. vol. 40, no. 1, pp. 59-67. [Consulta: 29 noviembre 2020]. DOI 10.33333/rp.v40i1.766. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292017000300059&lang=es.

ROCHA-HOYOS, Juan; et al. Effect of the addition of biodiesel on the performance and

opacity of a diesel engine. *Informacion Tecnologica*, 2019. vol. 30, no. 3, pp. 137-146. DOI 10.4067/S0718-07642019000300137.

ROCHA-HOYOS, Juan; et al. Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas. *Ciencia UNEMI*, 2018. vol. 11, pp. 97-108. DOI 10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp97-108p.

ROCHA-HOYOS, Juan; et al. Incidencia del uso de gasolina extra y mezcla al 5 % con etanol anhidro en los microfiltros de los inyectores multipunto. *Enfoque UTE* [en línea], 2019. vol. 10, no. 2, pp. 28-38. [Consulta: 26 noviembre 2020]. DOI 10.29019/enfoque.v10n2.430. Disponible en: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>.

ROCHA-HOYOS, Juan; et al. Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas. *Revista Ciencia UNEMI*, 2018. vol. 11, no. 28, pp. 97-108. [Consulta: 22 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329840872_Analisis_de_Gases_del_Motor_de_un_Vehiculo_a_traves_de_Pruebas_Estaticas_y_Dinamicas.

ROCHA, Juan; et al. Análisis de Gases del Motor de un Vehículo a través de Pruebas Estáticas y Dinámicas. *Ciencia UNEMI*, 2018. vol. 11, no. 28, pp. 97-108. DOI <http://dx.doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol11iss28.2018pp97-108p>. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329840872_Analisis_de_Gases_del_Motor_de_un_Vehiculo_a_traves_de_Pruebas_Estaticas_y_Dinamicas.

ROJAS, Edgar; et al. Análisis del comportamiento de las emisiones de CO₂, CO y del factor lambda de un vehículo con sistema de inyección convencional con catalizador y sin catalizador. *Ingenius*, 2019. no. 23, pp. 23-29. DOI 10.17163/ings.n23.2020.02.

S&P. Conoce los efectos de la contaminación del aire. *El Blog de la ventilación eficiente*. 2017. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/conoce-efectos-contaminacion-aire/>.

SALVO, Orlando & SOUZA, Maria. A regulamentação como indutora de tecnologias ambientais para a redução de emissões tóxicas em veículos leves no Brasil. *Cadernos EBAPE.BR*, 2018. vol. 16, no. 4, pp. 748-760. [Consulta: 29 noviembre 2020]. ISSN 1679-3951. DOI 10.1590/1679-395164314. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/1679-395164314>.

SANDOVAL, Edgar; et al. Vehículos eléctricos: ¿Una solución para reducir los gases de efecto invernadero proveniente del sector transporte en la Zona Metropolitana del Valle de México?. *Acta Universitaria*, 2019. vol. 29, pp. 1-13. [Consulta: 29 noviembre 2020]. DOI 10.15174/au.2019.1964. Disponible en: <http://doi.org/10.15174.2019.1964>.

SCHIFTER, Isaac; et al. Evaluación del programa de México para utilizar etanol como combustible de transporte: impacto del 6% de combustible mezclado con etanol en las emisiones de vehículos ligeros de gasolina. *Evaluación y seguimiento ambiental*, 2011. vol. 173, pp. 343-360. [Consulta: 8 febrero 2021]. DOI 10.1007 / s10661-010-1391-x. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/41944686_Assessment_of_Mexico's_program_to_use_ethanol_as_transportation_fuel_Impact_of_6_ethanol-blended_fuel_on_emissions_of_light-duty_gasoline_vehicles.

SECRETARIA DE AMBIENTE. Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire. Quito Ambiente. 2019. [Consulta: 7 enero 2021]. Disponible en: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/norma-ecuatoriana-de-la-calidad-del-aire>.

SEGURA-CONTRERAS, Julián & FRANCO, Juan. Exposición de peatones a la contaminación del aire en vías con alto tráfico vehicular. *Revista de Salud Publica*, 2016. vol. 18, no. 2, pp. 179-187. [Consulta: 29 noviembre 2020]. DOI 10.15446/rsap.v18n2.47209. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v18n2.47209>.

SUDARMANTA, Bambang; et al. Influence of bioethanol-gasoline blended fuel on performance and emissions characteristics from port injection Sinjai engine 650 cc. *Applied Mechanics and Materials*, 2014. vol. 493, pp. 273-280. DOI 10.4028/www.scientific.net/AMM.493.273.

TIPANLUISA, Luis; et al. Emisiones Contaminantes de un Motor de Gasolina Funcionando a dos Cotas con Combustibles de dos Calidades. *Informacion Tecnologica*, 2017. vol. 28, no. 1, pp. 3-12. [Consulta: 30 noviembre 2020]. DOI 10.4067/S0718-07642017000100002. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=e.

TIPANLUISA, Luis; et al. EVALUACIÓN DE EMISIONES DE UN MOTOR DIESEL CON MEZCLAS DIESEL-QUEROSENO EN UN CICLO IM-240. Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica y Automatización, 2019. pp. 1-4. [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333175660_EVALUACION_DE_EMISIONES_DE_UN_MOTOR_DIESEL_CON_MEZCLAS_DIESEL-QUEROSENO_EN_UN_CICLO_IM-240.

TORRES, Elnatan & GONZÁLEZ, Rogelio, Normatividad nacional e internacional de emisiones contaminantes para vehículos nuevos en planta P R E S E N T A UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA. 2017. S.I.: Universidad Nacional Autónoma de México.

TORRES, Manuel. Motor de Combustión Interna. 2016. Latacunga: [Consulta: 11 noviembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1155/1/T-UTC-0813.pdf>.

TOYOTA. ¿ Qué efectos para tu salud tiene la contaminación del aire? Precauciones a tener en cuenta en días de alta contaminación. TOYOTA. 2019.

URBINA, Andrés; et al. Estudio de las emisiones vehiculares en pruebas con dinamómetro y en ruta. VIII Congreso Internacional de Ingenierías Mecánica y Mecatrónica, 2017. vol. 1, no. May, pp. 1-4. [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316612229_ESTUDIO_DE_LAS_EMISIONES_VEHICULARES_EN_PRUEBAS_CON_DINAMOMETRO_Y_EN_RUTA.

US EPA. Dynamometer Drive Schedules Vehicle and Fuel Emissions Testing. Environmental Protection Agency. 2015a. [Consulta: 25 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.epa.gov/vehicle-and-fuel-emissions-testing/dynamometer-drive-schedules>.

US EPA. Dynamometer Drive Schedules Vehicle and Fuel Emissions Testing. Environmental Protection Agency. 2015b. [Consulta: 14 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.epa.gov/vehicle-and-fuel-emissions-testing/dynamometer-drive-schedules>.

US EPA. Guía de referencia de estándares de emisiones para motores y vehículos de carretera y fuera de carretera | EPA de EE. UU. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. 2017. [Consulta: 13 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.epa.gov/emission-standards-reference-guide>.

VALDÉS, Carlos. Encendido por microondas: Una luz de esperanza para los motores de combustión interna. EMOL. 2018. [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.emol.com/noticias/Autos/2018/12/17/931113/Encendido-por-microondas-Una-luz-de-esperanza-para-los-motores-de-combustion-interna.html>.

VALENCIA-ARROYAVE, Daniela; et al. Modelo para la estimación de emisiones vehiculares como herramienta para la gestión ambiental institucional. Producción + Limpia, 2015. vol. 10, no. 1, pp. 22-39. DOI 10.22507/pml.v10n1a2.

VARELA, Andrea & RON, Santiago. Geografía y clima. PUCE. 2019. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://bioweb.bio/fungiweb/GeografiaClima/>.

VEGA, Dayana; et al. Inventario de emisiones atmosféricas del tráfico vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito. Año base 2012. Avances en Ciencias e Ingenierías, 2015. vol. 7, no. 2, pp. 82-90. [Consulta: 26 noviembre 2020]. DOI 10.18272/aci.v7i2.270. Disponible en: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/270/271>.

VEGA, William; et al. Review of the modeling and optimization characteristics for the design

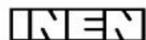
of the MacPherson suspension system. *Informacion Tecnologica*, 2018. vol. 29, no. 6, pp. 221-234. DOI 10.4067/S0718-07642018000600221.

VIÑUELA, Susana. Cómo hacer una conducción eficiente y ahorrar hasta un 15% de combustible. *Autobild*. 2017.

ZARAGOZA. Evolución de la inyección. *Centro Zaragoza*, 2013. pp. 26-27. [Consulta: 18 noviembre 2020]. Disponible en: www.centro-zaragoza.com.

ANEXOS

ANEXO A: NTE INEN 2204:2002



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

**NTE INEN 2 204:2002
(Primera Revisión)**

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS
AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES
PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE
GASOLINA.**

Primera Edición

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS. PRODUCED BY
GASOLINE. ROAD MOVABLE SOURCES.

First Edition

DESCRIPTORES: Emisión de gases, límites, contaminación atmosférica, protección del medio ambiente, calidad del aire,
requisitos.

MC 08.06-401
CDU: 75.662.94
CIIU: 3530
ICS: 13.040.50

Norma Técnica
Ecuatoriana
Obligatoria

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES.
LIMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR
FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.**

**NTE INEN
2 204:2002
Primera revisión
2002-09**

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo 454 y Ave. 6 de Diciembre - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de gasolina.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas o a sus motores, según lo definido en los numerales 3.24 y 3.25.

2.2 Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilicen combustible diferentes a gasolina.

2.3 Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1 **Año modelo.** Año que identifica el de producción del modelo de la fuente móvil.

3.2 **Área frontal.** Área determinada por la proyección geométrica de las distancias básicas del vehículo sobre su eje longitudinal el cual incluye llantas pero excluye espejos y deflectores de aire a un plano perpendicular al eje longitudinal del vehículo.

3.3 **Certificación de la casa fabricante.** Documento expedido por la casa fabricante de un vehículo automotor en el cual se consignan los resultados de la medición de las emisiones de contaminantes del aire (por el escape y evaporativas) provenientes de los vehículos prototipo seleccionados como representativos de los modelos nuevos que saldrán al mercado.

3.4 **Ciclo.** Es el tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralentí. Para las fuente móviles equipadas con electroventilador, es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

3.5 **Ciclos de prueba.** Un ciclo de prueba es una secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:

3.5.1 **Ciclo ECE-15 + EUDC.** Es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, de diesel o gasolina, definidos en la directiva 93/59/EEC.

3.5.2 **Ciclo FTP-75.** Es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, de gasolina o diesel, y publicado en el Código Federal de Regulaciones, partes 86 a 99.

DESCRIPTORES. Emisión de gases, límites, contaminación atmosférica, protección del medio ambiente, calidad del aire, requisitos.

3.5.3 Ciclo transiente pesado). Es el ciclo de prueba de estado transitorio establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para la medición de emisiones de motores diesel y gasolina utilizados en vehículos pesados y el cual se encuentra especificados en el Código Federal de Regulaciones de ese país, CFR, título 40, partes 86 a 99, subparte N.

3.6 Dinamómetro. Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

3.7 Emisión de escape. Es la descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso o, de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

3.8 Emisiones evaporativas. Es la descarga al aire de una o más sustancias gaseosas, producto del funcionamiento normal del vehículo o de la volatilidad del combustible. Las emisiones evaporativas se desprenden desde varios puntos a lo largo del sistema de combustible de un vehículo automotor.

3.9 Equipo de medición. Es el conjunto completo de dispositivos, incluyendo todos los accesorios, para la operación normal de medición de las emisiones.

3.10 Fuente móvil. Es la fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

3.11 Homologación. Es el reconocimiento de la autoridad ambiental competente a los procedimientos de evaluación de emisiones o a los equipos o sistemas de medición o de inspección de emisiones, que dan resultados comparables o equivalentes a los procedimientos, equipos o sistemas definidos en esta norma.

3.12 Informe técnico. Documento que contiene los resultados de la medición de las emisiones del motor, operando en las condiciones contempladas en esta norma.

3.13 Marcha mínima o ralentí. Es la especificación de velocidad del motor establecidas por el fabricante o ensamblador del vehículo, requeridas para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralentí se establecerá en un máximo de 1 100 r.p.m.

3.14 Masa máxima. Es la masa equivalente al peso bruto del vehículo.

3.15 Método SHED. Procedimiento aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para determinar las emisiones evaporativas en vehículos de gasolina mediante la recolección de estas en una cabina sellada en la que se ubica el vehículo sometido a prueba. SHED son las siglas correspondientes al nombre de dicho método (Sealed Housing for Evaporative Determination). Los procedimientos, equipos y métodos de medición utilizados se encuentran consignados en el Código Federal de Regulaciones en los Estados Unidos, partes 86 y 99; o en las directivas 91/441 EEC y 93/59 EEC.

3.16 Motor. Es la principal fuente de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

3.17 Peso bruto del vehículo. Es el peso neto del vehículo más la capacidad de carga útil o de pasajeros, definida en kilogramos.

3.18 Peso neto del vehículo. Es el peso real solo del vehículo en condiciones de operación normal con todo el equipo estándar de fábrica, más el combustible a la capacidad nominal del tanque.

3.19 Peso de referencia. Es el peso neto del vehículo más 100 kg.

3.20 Peso del vehículo cargado. Es el peso neto del vehículo más 136,08 kg (300 lb).

3.21 Prueba estática. Es la medición de emisiones que se realiza con el vehículo a temperatura normal de operación, en marcha mínima (ralentí), sin carga, en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas).

3.22 Prueba dinámica. Es la medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en la presente norma.

3.23 Temperatura normal de operación. Es aquella que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75°C o más. En las fuentes móviles equipadas con electroventilador esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

3.24 Vehículo automotor. Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

3.25 Vehículo o motor prototipo o de certificación. Vehículo o motor de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

4. CLASIFICACIÓN

Para los propósitos de esta norma, se establece la siguiente clasificación de los vehículos automotores:

4.1 Según la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA), la siguiente clasificación se aplica únicamente para los ciclos de prueba FTP-75 y ciclo transiente pesado:

4.1.1 Vehículo liviano. Es aquel vehículo automotor tipo automóvil o derivado de éste, diseñado para transportar hasta 12 pasajeros.

4.1.2 Vehículo mediano. Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto vehicular es menor o igual a 3 860 kg, cuyo peso neto vehicular es menor o igual a 2 724 kg y cuya área frontal no exceda de 4,18 m². Este vehículo debe estar diseñado para:

4.1.2.1 Transportar carga o para convertirse en un derivado de vehículos de este tipo

4.1.2.2 Transportar más de 12 pasajeros

4.1.2.3 Ser utilizado u operado fuera de carreteras o autopistas y contar para ello con características especiales.

4.1.3 Vehículo pesado. Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto del vehículo sea superior a 3 860 kg, o cuyo peso neto del vehículo sea superior a 2 724 kg, o cuya área frontal excede de 4,18 m².

4.2 Según La Unión Europea, la siguiente clasificación se aplica únicamente para el ciclo de prueba ECE-15 + EUDC.

4.2.1 Categoría M. Vehículos automotores destinados al transporte de personas y que tengan por lo menos cuatro ruedas.

4.2.1.1 Categoría M1. Vehículos automotores destinados al transporte de hasta 8 personas más el conductor.

4.2.2 Categoría N. Vehículos automotores destinados al transporte de carga, que tengan por lo menos cuatro ruedas.

4.2.2.1 Categoría N1. Vehículos automotores destinados al transporte de carga con una masa máxima no superior a 3,5 toneladas.

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Los importadores y ensambladores de vehículos deben obtener la certificación de emisiones expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del vehículo y avalada por la autoridad competente del país de origen, o de un laboratorio autorizado por ella. Los procedimientos de evaluación base para las certificaciones serán los establecidos para los ciclos FTP 75, ciclo transiente pesado ECE 15 + EUDC, SHED (EEC 91/441 y 93/59 EEC); según las características del vehículo.

5.2 Los importadores y ensambladores están obligados a suministrar copia de la certificación de emisiones a quienes adquieran los vehículos.

5.3 La autoridad competente podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y ensambladores sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para la medición de las emisiones de escape, en condición de marcha mínima o ralenti.

6. REQUISITOS

6.1 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralenti (prueba estática).

6.1.1 Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralenti y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la tabla 1.

TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralenti (prueba estática).

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200

* Volumen

**Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).

6.2 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 y ciclo transiente pesado (prueba dinámica).

6.2.1 Toda fuente móvil de gasolina que se importe o se ensamble en el país no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la tabla 2.

TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)* a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos).

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículos Livianos			2,10	0,25	0,62	FTP - 75	2
Vehículos Medianos	=< 3 860	=< 1 700	6,2	0,5	0,75		2
		1 700 - 3 860	6,2	0,5	1,1		2
Vehículos Pesados**	> 3 860 =		14,4	1,1	5,0	Transiente pesado	3
	< 6 350		37,1	1,9	5,0		4

* prueba realizada a nivel del mar
** en g/bHP-h (gramos/brake Horse Power-hora)

6.3 Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclo ECE-15+ EUDC (prueba dinámica).

6.3.1 Toda fuente móvil con motor de gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la tabla 3.

TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) * a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos)

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso de Referencia (kg)	CO g/km	HC + NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
M1 ⁽¹⁾	=< 3 500		2,72	0,97	ECE 15 + EUDC	2
M1 ⁽²⁾ , N1		< 1 250	2,72	0,97		2
		> 1 250 <1 700	5,17	1,4		2
		> 1 700	6,9	1,7		2

* Prueba realizada a nivel del mar
(1) Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas
(2) Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas

7. MÉTODO DE ENSAYO

7.1 Determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí.

7.1.1 Seguir el procedimiento descrito en la NTE INEN 2 203.

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203:1998 *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones del escape, en condiciones de marcha mínima o ralentí.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 056. *Metrología. Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales.* Quito, 1998.

Norma técnica colombiana ICONTEC 4230. *Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración de emisiones de escape, en condiciones de marcha mínima o ralentí.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1997.

EPA 94: *Code of Federal Regulations Protection of Environment 40. Part 86 (Revised as of July 1, 1996) Control of air pollution from new and in-use motor vehicles and new and in-use motor vehicle engines: certification and test procedures: 86.090-8 Emission standards for 1990 and later model year light - duty vehicles (Diesel and gasoline); 86.091.9 Emission standards for 1991 and later model year light - duty trucks (diesel and gasoline); 86-091-10. Emission standards for 1991 and later model year otto - cycle heavy - duty engines and vehicles (gasoline).* U.S Environmental Protection Agency, EPA. Washington D.C., 1996.

EURO II: *Community Directive (Directive 88/77/EEC). Regulación 49, gaseous pollutants. Truck and buses > 3,5 Ton. EEC regulation for small utilite records. Enforcement date: 01.10.1993 new models, 01.10.1994 new vehicles.* European Economic Community. Brussels. 1996.

Normas para la protección y el control de la calidad del aire: *Resolución 005 de 1995-01-09, Resolución 1619 de 1995-12-21, Resolución 1351 de 1995-11-14, Resolución 898 de 1995-08-23 - Adicionada por la Resolución 125 de 1996-03-19, Decreto 948 de 1995-06-05 - Modificado por el Decreto 2107 de 1995-11-30.* Ministerio del Medio Ambiente de la República de Colombia. Bogotá, 1996.

Decreto 2673: *Normas sobre Emisiones de fuentes móviles. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.* República de Venezuela. Caracas, 1998.

Proyecto de reglamentación para control de emisiones para vehículos automotores en el Distrito Metropolitano de Quito. Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, CINAE - Asociación Ecuatoriana Automotriz del Interior, AEADI, Quito, 1998.

Exhaust Emissions, Standards, Regulations and Measurement of Exhaust emissions and Calculation of fuel consumption based on the Exhaust emission test - Passenger cars; Mercedes Benz. Alemania, 1997.

Vehicle Emissions Study, Kiyoshi Yuki - Overseas Regulation & Compliance Department, Engineering Administration Division, Toyota Motor Corporation. Tokyo, 1995.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2 204 (Primera Revisión)	TÍTULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIÓN PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.	Código: MC 08.06-401
---	---	--------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 2000-09-11/2001-11-19	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1998-12-08 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo No. 98163 de 1998 - 12 - 17 publicado en el Registro Oficial No. 100 de 1 999 - 01 - 04 Fecha de iniciación del estudio:
---	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Comité Interno del INEN:
Fecha de iniciación: 2 000-09-11
Intrigrantes del Comité Interno del INEN. _____ Fecha de aprobación: 2 000-09-11

NOMBRES:

Dr. Ramiro Gallegos (Presidente)
Ing. Enrique Troya

Sr. Guido Reyes

Fis. René Chanchay

Ing. Marco Narváez
Ing. Rafael Aguirre
Dra. Beatriz Cañizares
Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

SUBDIRECTOR TÉCNICO
DIRECCIÓN DE PROTECCIÓN AL
CONSUMIDOR
DIRECCIÓN DE DESARROLLO Y
CERTIFICACIÓN
DIRECCIÓN DE ASEGURAMIENTO
METROLÓGICO
DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN FÍSICA
DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN
DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN ANALÍTICA
DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

2001-11-20

Dr. Ramiro Gallegos (Presidente)

Ing. Gustavo Jiménez

Tlgo. Francisco Cevallos

Arq. Francisco Ramirez
Sr. Marco Proaño

Ing. Guillermo Layedra (Secretario Técnico)

DIRECTOR TÉCNICO DEL ÁREA DE
SERVICIOS TECNOLÓGICOS
DIRECTOR TÉCNICO DEL AREA DE
NORMALIZACIÓN
ÁREA DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS:
ENSAYOS DE CALIBRACIÓN
ÁREA DE CERTIFICACIÓN: PRODUCTOS
ÁREA DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS:
ENSAYOS FÍSICOS
REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites:

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2002-04-17

Oficializada como: Obligatoria Por Acuerdo Ministerial No. 02 368 de 2002-09-18
Registro Oficial No. 673 de 2002-09-30

ANEXO B: EJEMPLO DE CÁLCULO DE FACTORES DE EMISIÓN

Las fórmulas utilizadas para la determinación de los factores de emisión de HC, CO y NO se describen en el capítulo 2. Como ejemplo se realizará el cálculo de los factores de emisión en el ciclo dinámico IM-240 para los vehículos Mazda BT-50 y Suzuki S-Cross.

$$EF_{CO} = \frac{g_{CO}}{km} = \frac{28 * \frac{\% CO}{\% CO_2}}{\frac{\% CO}{\% CO_2} + \left(3 * \frac{\% HC}{\% CO_2}\right) + 1} * \frac{\rho_{comb} * CC}{0.01425}$$

$$EF_{HC} = \frac{g_{NO}}{km} = \frac{42 * \frac{\% HC}{\% CO_2}}{\frac{\% CO}{\% CO_2} + \left(3 * \frac{\% HC}{\% CO_2}\right) + 1} * \frac{\rho_{comb} * CC}{0.01425}$$

$$EF_{NO} = \frac{g_{NO}}{km} = \frac{30 * \frac{\% NO}{\% CO_2}}{\frac{\% CO}{\% CO_2} + \left(3 * \frac{\% HC}{\% CO_2}\right) + 1} * \frac{\rho_{comb} * CC}{0.01425}$$

Datos:

- Densidad de combustible (ρ_{comb}): $748 \text{ Kg}/\text{m}^3$
- Consumo combustible (CC): $14.74 \text{ Km}/\text{L} = 0.0678 \text{ L}/\text{Km} = 0.0679 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{Km}$
- %CO: 0.06
- ppm HC: 6.08
- %CO₂: 13.96
- ppm NO: 35

FCO:

$$EF_{CO} = \frac{g_{CO}}{km} = \frac{28 * \frac{0.06}{13.96}}{\frac{0.06}{13.96} + \left(3 * \frac{6.08}{13.96}\right) + 1} * \frac{748 * 0.0679 \times 10^{-3}}{0.01425}$$

$$EF_{CO} = \frac{g_{CO}}{km} = \frac{0.127}{0.004297 + 1.00013} * 3.5642$$

$$EF_{CO} = \frac{g_{CO}}{km} = 0.455$$

FHC:

$$EF_{HC} = \frac{g_{NO}}{km} = \frac{42 * \frac{6.08}{13.98}}{\frac{0.06}{13.96} + \left(3 * \frac{6.98}{13.96}\right) + 1} * \frac{748 * 0.0679 \times 10^{-3}}{0.01425}$$

$$EF_{HC} = \frac{g_{CO}}{km} = \frac{0.002097}{0.004297 + 1.00013} * 3.5642$$

$$EF_{HC} = \frac{g_{CO}}{km} = 0.007441$$

FNOX:

$$EF_{NO} = \frac{g_{NO}}{km} = \frac{30 * \frac{35}{13.96}}{\frac{0.06}{13.96} + \left(3 * \frac{6.98}{13.96}\right) + 1} * \frac{748 * 0.0679 \times 10^{-3}}{0.01425}$$

$$EF_{NO} = \frac{g_{CO}}{km} = \frac{0.007521}{0.004297 + 1.00013} * 3.5642$$

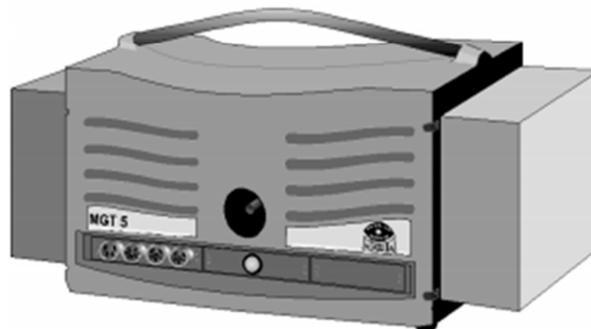
$$EF_{NO} = \frac{g_{CO}}{km} = 0.02669$$

MGT5

Analizador de 4/5 gases

para el análisis de los gases de escape de vehículos equipados con motores Otto (Medición de flujo parcial)

Ejecución Análisis Gases de Escape España
V1.0.02.04.ESP/E



- Análisis por infrarrojos de CO, CO₂, HC
- Análisis electroquímico de oxígeno y óxido de nitrógeno (opcional)
- Cálculo del valor lambda
- Determinación del número de revoluciones por minuto

Datos técnicos

Gases analizables	CO	CO ₂	HC	O ₂	NO _x
Rango de medición	0 - 15,00 Vol %	0 - 20,0 Vol %	0 - 2000 ppm (Hexano) 0 - 4000 ppm Propano	0 - 25,00 Vol %	0 - 5000 ppm Vol
Precisión de medida	0,06 Vol %	0,5 Vol %	12 ppm vol	0,1 Vol %	32 - 120 ppm vol según rango de medición
Principio de medida	infrarrojo	infrarrojo	infrarrojo	electro- químico	electro- químico
Resolución valores de med.	0,001 Vol %	0,01 Vol %	0,1 ppm vol	0,01 Vol %	1 ppm vol
Deriva del rango de med.	inferior a $\pm 0,6$ % del valor final del rango de medición				
Fase de precalentamiento	min. 30 minutos, máx. 10 minutos • regulado por temperatura				
Nivel de electricidad para mediciones de gas	3 l/min				
Nivel de electricidad	automática, continuada • aprox.1 l/min				
Presión de servicio	750 - 1100 mbar				
Variación de la presión	máx. Error 0,2% para variaciones de 5 kPascal				
Alimentación d. corriente	85 V - 280 V • 50 Hz • 65 W o Cable de alimentación con conexión a 10 - 42 V CC con Pinzas de apriete y diodo como protección contra polarización inversa 5 m; (batería vehículo, opcional)				
Cuentarrevoluciones p. inducción	0 - 10000 /min-1 • Resolución 1,5,10, o 50 RPM				
Temperatura de servicio	+5°C - +45°C • Desviación $\pm 2^\circ\text{C}$				
Temperatura de almacenaje	-10°C - +60°C • Desviación $\pm 2^\circ\text{C}$				
Termómetro del aceite	+0° - +150°C • Resolución 1				
Prueba de hermeticidad	guiada por menú, 1x al día				
Prueba de HC residuales	automático				
Ajuste a cero	automático				
Calibración	Semestralmente (se necesita gas de prueba específico)				

ANEXO D: DINAMÓMETRO DE CHASIS LPS 3000



Juego de rodillos	R200/1	R200/1 reforzado	R200/2	R200/2 reforzado
Carga sobre el eje	15 t	15 t	15 t	15 t
Longitud [mm]	4550	4550	2260 por rodillo	2260 por rodillo
Ancho [mm]	1100	1100	1100	1100
Altura [mm]	625	625	865	865
Peso	aprox. 2350 kg	aprox. 2410 kg	aprox. 1250 kg por rodillo	aprox. 1310 kg por rodillo
Longitud de rodillo	900 mm	900 mm	900 mm	900 mm
Vía min.	820 mm	820 mm	1000 mm	1000 mm
Vía max.	2620 mm	2620 mm	2800 mm	2800 mm
Diámetro mínimo de rueda para ensayar	12"	12"	12"	12"
Diámetro rodillo	318 mm	318 mm	318 mm	318 mm
Distancia entre rodillos	565 mm	565 mm	565 mm	565 mm
Sobreelevación rodillo	45 mm	45 mm	--	--
Sistema de elevación con bloqueo de rodillos				
Neumática				
Hidráulica	x	x	x	x
Datos eléctricos				
Datos corr. parásita	2 x 200 kW	2 x 330 kW	2 x 200 kW	2 x 330 kW
Alimentación	400 V / 50 Hz			
Protección por fusible	35 A lento	63 A lento	35 A lento	63 A lento
Campo de indicación				
Velocidad de ensayo	max. 200 km/h	max. 200 km/h	max. 200 km/h	max. 200 km/h
Potencia rueda	30 - max. 400 kW	30 - max. 660 kW	30 - max. 400 kW	30 - max. 660 kW
Fuerza de tracción	max. 15 kN	max. 25 kN	max. 15 kN	max. 25 kN
Núm. de revoluciones	10 – 10 000 rpm	10 – 10 000 rpm	10 – 10 000 rpm.	10 – 10 000 rpm
Presición de medición	± 2 % del valor de medición	± 2 % del valor de medición	± 2 % del valor de medición	± 2 % del valor de medición

ANEXO E: PUPITRE DE EQUIPOS PARA DINAMÓMETRO Y MEDIDOR DE GASES

Datos técnicos

Pupitre de comunicaciones

- Monitor de color 19" diámetro diagonal (recomendado por el fabricante)
- Dimensiones pupitre de comunicaciones (An x Al x L) 600 x 1850 x 800 mm
- Dimensiones del embalaje (L x An x Al) 2360 x 960 x 870 mm
- Peso incl. embalaje aprox. 250 kg
- Laca por recubrimiento de polvo azul, RAL 5010
- Alimentación 400 V, 50 Hz
- Apto para multiprocesador
- Apto para multitarea



Requisitos mínimos PC (estado: noviembre 2002)

CPU	Procesador a partir de 800 MHz
Placa madre	Conexión USB
Memoria RAM.....	256 MB
Disco duro.....	> 4 GB
Unidades de disco	CD-ROM > 32x
.....	Disquetera de 1,44"
Tarjeta gráfica.....	Resolución 800x600 con 64000 colores
.....	Memoria 4 MB
Sistema operativo.....	Windows XP Professional

JetClean^{PLUS}

Description

1. Generalidades

El aparato JetClean se ha desarrollado para la limpieza de sistemas de inyección en motores de gasolina y motores Diesel. Mediante un cambio de los tubos flexibles de empalme es posible acoplar el aparato JetClean a todos los sistemas de inyección. Para el empleo del aparato, es absolutamente necesario observar los apartados 4. Indicaciones sobre seguridad y 5. Puesta en servicio.

2. Datos técnicos, equipo

2.1 Datos técnicos

Cantidad de llenado máxima:	5 litros
Contenido total del depósito:	7 litros
Sobrepresión admisible de servicio:	7 bares
Peso de la unidad de embalaje:	4,5 kg

Dispositivos
de seguridad: válvula de seguridad
manómetro
válvula de descarga de presión
protección contra retorno de llamas

3. Montaje

El aparato está preparado para el servicio, exceptuando el montaje del cable de puesta a tierra y del correspondiente tubo flexible de empalme (véase el apartado 5 Puesta en servicio).

4. Indicaciones sobre seguridad

El combustible de gasolineras y los líquidos detergentes son muy inflamables y perjudiciales para la salud. En el uso del aparato se deben observar las indicaciones sobre riesgos y los consejos de seguridad referentes a los correspondientes líquidos detergentes.

Guardar el aparato en un lugar bien ventilado, mantenerlo alejado de fuentes de encendido – no fumar, mantenerlo alejado de sustancias combustibles. El contenido no se debe enviar al alcantarillado.

Evitar las cargas electrostáticas efectuando una puesta a tierra (véase el apartado 5 Puesta en servicio).

En caso de incendio, emplear productos de extinción de la clase B (polvo, halón, espuma, CO₂, lightwater); no utilizar agua.

Observar las ordenanzas sobre líquidos inflamables (VbF), apéndice 2, "Recipientes desplazables" así como directivas para eyectores de líquidos (ZH 1/406).

¡Atención! Si el aparato JetClean se somete a presión a través del empalme para compresor externo, la presión de carga del compresor no debe exceder de 7 bares. Observar la identificación en nuestros productos.

Es preciso asegurar que fuera del servicio las tuberías flexibles y sus empalmes no se ensucien.

Observación de la presión en el manómetro

Al someter a presión el aparato JetClean, se debe observar la indicación del manómetro. Presión máx. 7 bares.

Funcionamiento de la válvula de seguridad

En caso de un exceso de presión > 7 bares, se abre automáticamente la válvula de seguridad que se encuentra por debajo de la cubierta.

Objeto y efecto de la protección contra retorno de llamas

Cuando el aparato está abierto salen del depósito gases fácilmente inflamables. Si se da el caso de que estos gases se encienden, la protección contra retorno de llamas impide que éstas vuelvan al depósito. Esta protección debe cerrar automáticamente la abertura del depósito cuando se retira la bomba. Antes de cada puesta en servicio, se debe comprobar el aparato, incluyendo la válvula de seguridad.

5. Puesta en servicio

5.1 Conectar a tierra el aparato

Conectar a tierra el aparato con el cable que se adjunta o con un cable de puesta a tierra corriente en el comercio. Para ello, unir firmemente el extremo del cable con la lengüeta de latón situada en la salida del tubo flexible.

5.2 Llenar el aparato JetClean

Desenroscar la bomba de mano con su empuñadura en posición introducida, girando a la izquierda.

Cerrar las válvulas de cierre en los tubos flexibles de empalme

- Llenar el depósito con Benzin-System-Intensiv-Reiniger (detergente intensivo para sistemas de gasolina), No. Art. 5151 (bidón, 5 l), o bien
- llenar el depósito con Benzin-System-Intensiv-Konzentrat (concentrado intensivo para sistemas de gasolina), No. Art. 5152 (500 ml) y 4,5 l de combustible sin plomo.
- llenar el depósito con, máximo, 5 l de Diesel-System-Reiniger (detergente para sistemas Diesel), No. Art. 5154, o bien
- llenar el depósito con, máximo, 5 l de Diesel-Spülung (producto de lavado para Diesel), No. Art. 5170.

Atención: Antes de cambiar de detergente para gasolina a detergente para Diesel, o viceversa, el depósito se debe limpiar como se indica en el apartado 5.2.1.

Colocar la bomba de mano y enroscarla.

En vehículos con motor de gasolina, ir accionando la bomba hasta que se haya alcanzado la presión requerida del sistema. Encastrar luego la empuñadura de la bomba.

Si se utiliza el empalme para compresor, se deberá observar lo siguiente:

- Presión de carga del compresor o abastecimiento de aire comprimido: máx. 7 bares.
- Antes de llenar con aire comprimido, prestar atención a que la empuñadura de la bomba esté en posición encastrada.
- El inserto de la válvula de retención en el empalme para compresor no se debe quitar al llenar con aire comprimido.

5.2.1 Limpieza del depósito

Si después de la limpieza de un vehículo con motor de gasolina se quiere limpiar un vehículo con motor Diesel, o viceversa, será preciso previamente limpiar el depósito del aparato JetClean con Liqui Moly "JetClean-Geräte-Reiniger" (detergente para aparatos JetClean), No. Art. 5117.

Para ello se procede como sigue:

- Para vaciar los restos de detergente que eventualmente hayan quedado en el depósito se precisa una presión en el depósito de aprox. 0,5 bares.

- Unir el tubo flexible de empalme 7870 con la tubería flexible inferior 7865 del aparato JetClean. Introducir este tubo flexible en un recipiente apropiado (bidón) y abrir con cuidado la llave de bola 7860. Una vez vaciado el depósito, se debe volver a cerrar la válvula de bola.

- Limpiar el depósito. Para ello, evacuar la presión residual del depósito accionando brevemente la válvula de venteo 7859. Desenroscar la bomba con cuidado girando a la izquierda y retirarla. Llenar después 0,5 l de Liqui Moly "JetClean-Reiniger" (detergente para JetClean) en el depósito y volver a enroscar la bomba.

Remover el aparato JetClean y volver luego a vaciar el depósito.

5.3 Empalme a sistemas de inyección de gasolina

Desconectar eléctricamente la bomba de combustible (fusible, relé o conexión eléctrica).

Retirar la tubería de afluencia de combustible por un lugar apropiado, como p. ej. distribuidor de caudal, tubo de distribución o unidad de inyección centralizada (véanse ejemplos de empalmes A, figuras 1, 2, 3, 4).

Seleccionar el tubo flexible de empalme conforme al sistema de inyección y unirlo en el punto de separación A con el componente correspondiente (según el sistema de inyección).

Desempalmar la tubería de retorno y cerrarla (véase ejemplo de empalme B, figuras 1, 2, 3, 4).

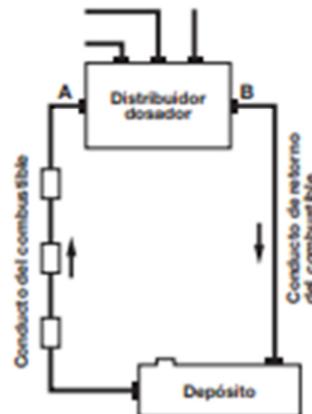
Indicación:

En algunos modelos de vehículos, al desconectar eléctricamente la bomba de combustible la corriente de encendido se corta.

En tales sistemas, no desconectar la bomba de combustible, sino unir entre sí la tubería de afluencia de combustible proveniente del depósito de combustible con la tubería de retorno al depósito (establecer un circuito de combustible).

Empalme a sistemas de inyección de gasolina

Aplicación K-Jetronic



ANEXO G: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS VEHÍCULOS

FICHA TÉCNICA

ESPECIFICACIONES		DOBLE CABINA	
VERSIONES			
Tracción	4x2	4x4	
MOTOR			
Tipo	Serie F3E20 válvulas	Serie G4E072 válvulas	
Cilindrada (cc)	2.64	2.616	
Potencia máxima (hp/kw)	95/70.000	106,5/78.000	
Torque máximo (kgm/rev)	16,0/2.000	21,4/2.500	
Capacidad tanque combustible (gal)	16,66	18,5	
Tipo de combustible Gasolina corriente			
RELACIONES DE CARGA			
Tipo MF 5 velocidades			
1ª	4,48	4,415	
2ª	2,656	2,656	
3ª	1,859	1,859	
4ª	1,000	1,000	
5ª	0,74	0,75	
Reversa	4,252	3,716	
Relación de transferencia	-	2,25 Galo	
Rueda libre	-	Anterior	
Relación final de eje	4,444		
Protector neblinas	Protector carburador, lampas de combustible y transmisión		
SUSPENSIÓN			
Delantera	Independiente (brazos) / amortiguadores / Barras de torsión / Barra estabilizadora	Independiente (brazos) / amortiguadores / Barras de torsión / Barra estabilizadora	
Capacidad del eje (kg)	1.170	1.430	
Trasera	De 1 (eje) / Eje de 5 hojas y amortiguadores		
Capacidad del eje (kg)	1.260	1.250	
Diferencial de deslizamiento limitado (LSD)	-	5'	
RUEDAS			
R16	19" x 551 Acero	19" x 571 Aluminio	
Llantas	205/75 R16	255/70 R16	
Copa	Tapachinos mejor con logotipo Mazda	Tapachinos plateados con logotipo Mazda	
DIRIGCIÓN			
Tipo	Hidráulico con sensor de RPM		
Radio de giro (en ángulos) (gr)	6,0	6,3	
SISTEMA DE FRENSO			
Tipo	Hidráulico con circuitos independientes		
Delantera	Disco ventilado, pastillas antirrotación con indicador con sensor de desgaste		
Trasera	Decompensa con sistema de supresión antirrotación		
DIMENSIONES Y PESOS			
Longitud total (mm)	5169		
Ancho total (mm)	1715	1.829	
Altura total (mm)	1632	1762	
Distancia entre ejes (mm)	2.795		
Peso vacío (kg)	1.516	1.734	
Peso bruto vehicular (kg)	2.605	2.83	
Capacidad de carga (kg)	1.022	1.022	
Capacidad de amarre con freno (kg)	1.600	3.000	
Capacidad de amarre sin freno (kg)	700		
Platón			
Longitud interior (mm)	1.570		
Ancho interior (mm)	1.450		
Altura (mm)	465		
Capacidad de carga (kg)	700		
MEDIDAS PANEL DE INSTRUMENTOS			
Tacómetro	Análogo		
Ódómetro	Tablero digital (digital)		
Indicador ASA	-	5'	
Alarmas sonoras	Luces prendidas y llaves olvidadas		
EQUIPAMIENTO EXTERIOR			
Protector lateral	-	Color cabina	
Espejo de guardabarros	-	Color cabina	
Espejo lateral	-	5'	
Salpicadero "flaps"	Delantera y trasera	Delantera y trasera / Integrados con guardabarros	
Periscope radiador	Color cabina con logotipo Mazda / Barra horizontal	Construido con logotipo Mazda	

ESPECIFICACIONES		DOBLE CABINA	
VERSIONES			
Tracción	4x2	4x4	
EQUIPAMIENTO INTERIOR			
Asientos del anterior	Independientes / Tipo auto / Espaldar abatible, regulable, con bolsillo		
Asientos traseros	Tipo banco, espaldar abatible, apoyacabezas central		
Paracolsos	Vitrilo gris, derecho con espaldar, integrando con portabolsos		
Panel de instrumentos	Cuadrante con lona, bandeja de botones, encendedor de cigarrillos, borna corriente auxiliar de 12V y entrada auxiliar de audio		
Paneles puertas	Terminados en vinil / Alfombras, decorativas, bolsillo y bolsillo integrados en puertas de delantera		
Contracons	Una retenible para colocar en portavasos		
Contraeje delantero	Portabolsos y portavasos doble		
Contraeje trasero	De doble compartimento, con alfombras decorativas y 2 portavasos tipo grado		
OTROS			
Equipo interior de noche manual		5'	
Equipo interior de estacionamiento	Electro negro	Electro cromado	
Medios de dirección		5'	
Decoración de volante trasero		5'	
Unidad de aire acondicionado	Eléctrico, dos velocidades / eléctrico / ajustable, un toque		
Aire acondicionado	5'		
Radio	Reproductor de CD / MP3, receptor AM/FM, reloj, memoria, antena manual, entrada auxiliar		
Portabolsos	2	4	
Ganchos	2 de delantera de fijación	3 de delantera, 2 de trasera y 1 de en medio trasera	
Maniválulas	Cable, palanca de freno, freno de mano, dirección y una llave tipo		
Platón	Panel doble, ganchos estacionarios para asegurar carga, apoyacabeza		
SEGURIDAD PASIVA			
Apoyacabezas delanteros	2 ajustables en altura		
Apoyacabezas traseros	2 fijos, integrados al espaldar		
Orbitales de seguridad	2 de delantera retráctiles e inerciales de tres puntos, ajustables en altura, con pretenedores y 3 traseros, 2 retráctiles de tres puntos y 1 central de dos puntos		
Columna de dirección	Absorbente de impactos / ajustable en altura		
Barras de impacto lateral	5'		
Airbags delanteros (conductor y pasajero)	5'		
Airbags laterales delanteros	-	5'	
SEGURIDAD ACTIVA			
Sistema de frenos ABS-EBD	-	5'	
Control de estabilidad	Tipo estándar (diámetro 19" + P)		
Válvula compensadora de frenos sensible a la carga	5'		
SEGURIDAD ANTIRROBO			
Blowout dirección	5'		



PLP1-29 BT-50 DC 2,2/2,6 032013 01 MA08AF012E. Nota: información sujeta a cambios sin previo aviso, válida a la fecha de impresión de esta ficha. Garantía: tres años o 100.000 km, lo primero que ocurra. Fecha de impresión: junio de 2013. www.mazda.com.co



Ficha técnica S-Cross 1.6L- 21x24 Retiro

S-CROSS 1.6L

ESPECIFICACIONES

• INCORPORADO ○ OPCIONAL - NO DISPONIBLE

MOTOR

Tipo	4-Línea DOHC MPFI / Gasolina
Nro. de Cilindros	4
Nro. de Válvulas	16
Potencia (HP@rpm)	116 @ 6000
Torque (Nm@rpm)	156 @ 4400
Relación Compresión	11 a 1
Alimentación	MPFI / Gasolina

TRANSMISIÓN

Dirección	Mecánica 5 Vel.	
Relaciones	1ª	3.545
	2ª	1.904
	3ª	1.258
	4ª	0.911
	5ª	0.725
Reversa	3.250	
Relación final de eje	4.411	
Traacción	4x2	

CHASIS

Dirección	Asistida eléctricamente	
Suspensión	Delantera	Independiente McPherson con barra estabilizadora
	Posterior	Barra de torsión
Sistema de freno	Delantera	Discos ventilados
	Posterior	Discos
	ABS + EBD	SI
Llantas	215/60 R16	
Rines	Aluminio R16	

PESOS Y CAPACIDADES

Capacidad de carga	635 Kg
Altura mínima desde el piso	180 mm
Volumen en área de carga	430 L
Volumen en área de carga con la segunda fila de asientos abatidos	875 L
Tanque de combustible	47 L
Capacidad de pasajeros	5

INTERIOR

Aire acondicionado	•
Computador a bordo	•
Radio pantalla táctil 7 pulgadas con conectividad	•
4 parlantes + 2 tweeters	•
Tapicería	Tela
Asiento posterior abatible 60/40 a nivel del piso	•
Asiento del conductor con ajuste manual de 6 direcciones	•
Asiento del pasajero con ajuste manual de 4 direcciones	•
Columna de dirección ajustable en altura y profundidad	•
Viseras conductor y pasajero, espejos y sujetador de ticket	•
Cobertor área de baúl	•
Apoya brazos central delantero	•
Descansa brazos para asiento del conductor	•
Volante de cuero de 3 radios ajustable con control de radio, velocidad y limitador de velocidad	•
Vidrios eléctricos delanteros y posteriores	•
Express down vidrio delantero conductor con sensor anti aplastamiento	•
Luz de cortesía en baúl con terminal de 12V	•
Palanca de velocidades en negro con acabados en cromo	•
Cargador 12V en consola central	•
Cámara de reversa	•
Sensores posteriores de estacionamiento	•
Internet 4G	•

SEGURIDAD

Bolsas de aire frontales para conductor y para pasajero	•
Control remoto para abrir y cerrar seguros de puertas en llave	•
Asientos delanteros y posteriores con apoya cabezas	•
Tercera luz de freno	•
Cinturones de seguridad retráctiles de tres puntos en los asientos delanteros con ajuste de altura	•
Cinturones de seguridad retráctiles de tres puntos en los asientos traseros	•
Inmovilizador	•
Desempañador de vidrio posterior	•
Anclajes de seguridad ISOFIX para sillas de bebé	•
Seguro de niños en puertas posteriores	•
Columna de dirección con absorción de impacto	•
Recordatorio acústico de cinturón de seguridad de conductor	•
Llanta de emergencia. Rodaje temporal T135/90R16	•
CheryStar	○

EXTERIOR

Bumpers bitoma (BodyColor/negro)	•
Grilla frontal cromada	•
Faros de proyección	•
Neblineros delanteros con bisoles cromados	•
Espejos exteriores eléctricos BodyColor	•
Manijas exteriores BodyColor	•
Rieles de techo	•
Molduras laterales anti portazos	•

COLORES

Blanco | Plata | Plomo | Negro | Azul | Rojo | Café

S-CROSS

*Especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso. Emitido el 23 de julio de 2016.

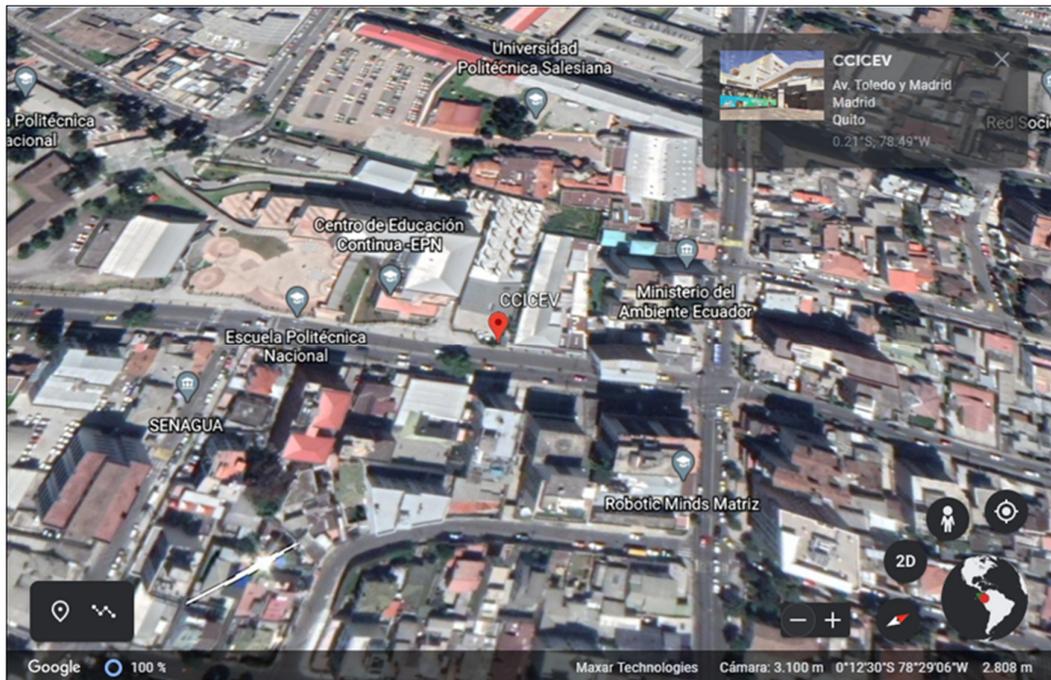
ENCUÉNTRALO EN LA RED DE CONCESIONARIOS CHEVROLET A NIVEL NACIONAL:
 - AUTOLANZAR - AUTOLASA - AUTOMOTORES CONTINENTAL - AUTOMOTORES DE LA SIERRA
 - CENTRALCAR - EGSA AUTO - E. MALHEM - IMBALTO - INDUAUTO - LAVICA - METROCAR - MIRASOL
 - PIONATE - VALLEJO MARQUE

chevrolet.com.ec | 1-800-CHEVROLET 243876 |

ANEXO H: LOCALIZACIÓN DEL CICCEV

La ubicación del CICCEV es la siguiente:

- Ciudad: Quito (Centro-Norte)
- Altitud: 2808 msnm.
- Temperatura ambiente: mínima 17°C, máxima 25°C
- Latitud: 0°12'30"S
- Longitud: 78°29'06"W



ANEXO I: RESULTADOS DE PRUEBAS OBTENIDAS DEL VEHÍCULO MAZDA BT-50 EN EL LABORATORIO

		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 - 088 - P1																																																															
	Página 1 / 2	FECHA:	21 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"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>																																																																
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV* 4 ^{ta} 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	MAZDA	VIN Chasis / Placa:	8LFUNY02GCMD04702 / OBA5487																																																															
Modelo:	BT-50	Kilometraje:	254078																																																															
MOTOR (Datos del fabricante)**																																																																		
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	F2872663																																																															
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A																																																															
Máxima Potencia (kw/rpm)	74 KW @ 5000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	164,75 N.m @ 2000 RPM																																																															
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO																																																															
Cilindrada [cm3]	2200	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL																																																															
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA ECOPAÍS	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA																																																															
Tipo	N_1	Año modelo vehiculo	2012																																																															
Tonelaje	1	País de origen	ECUADOR																																																															
**Opcional en RTV																																																																		
<table border="1"> <tr> <td>Hora de inicio</td> <td>09 h 00</td> <td>Hora final</td> <td>10 h 30 min</td> </tr> <tr> <td>Temperatura ambiente °C</td> <td>20</td> <td>Humedad Relativa (%)</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>Presión Atmosférica (hPa)</td> <td colspan="3">732</td> </tr> <tr> <td>Prueba en ruta o laboratorio</td> <td colspan="3">PRUEBA EN LABORATORIO</td> </tr> </table>		Hora de inicio	09 h 00	Hora final	10 h 30 min	Temperatura ambiente °C	20	Humedad Relativa (%)	42	Presión Atmosférica (hPa)	732			Prueba en ruta o laboratorio	PRUEBA EN LABORATORIO			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Parámetros</th> <th colspan="5" style="text-align: center;">PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD</th> </tr> <tr> <th>Medición 1</th> <th>Medición 2</th> <th>Medición 3</th> <th>Medición 4</th> <th>Medición 5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO [%v]</td> <td>0,42</td> <td>0,41</td> <td>0,39</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>CO2 [%v]</td> <td>13,55</td> <td>13,56</td> <td>13,49</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>HC [ppm]</td> <td>30</td> <td>28</td> <td>26</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>O2 [%v]</td> <td>0,92</td> <td>0,91</td> <td>1,03</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>NOx [ppm]</td> <td>332</td> <td>378</td> <td>322</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES						Parámetros	PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD					Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	CO [%v]	0,42	0,41	0,39	-	-	CO2 [%v]	13,55	13,56	13,49	-	-	HC [ppm]	30	28	26	-	-	O2 [%v]	0,92	0,91	1,03	-	-	NOx [ppm]	332	378	322	-	-
Hora de inicio	09 h 00	Hora final	10 h 30 min																																																															
Temperatura ambiente °C	20	Humedad Relativa (%)	42																																																															
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]	0,42	0,41	0,39	-	-																																																													
CO2 [%v]	13,55	13,56	13,49	-	-																																																													
HC [ppm]	30	28	26	-	-																																																													
O2 [%v]	0,92	0,91	1,03	-	-																																																													
NOx [ppm]	332	378	322	-	-																																																													
OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba																																																																		
Técnico No 1 Firma Responsables:  FABIAN ANDRES IZA COLLAGUAZO		Técnico No 2 Firma Responsable de Unidad:  DIEGO LUIS LINCANGO																																																																
Nombres: Fabián Iza		Nombre: Ing. Diego Lincango																																																																
Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado																																																																		

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 2	N°	CCICEV-04-00-03-2020-EFE - 088	- P1
	Página 2 / 2	FECHA:	21 de diciembre de 2020	

DATOS DEL CICLO UTILIZADO					
CICLO DE PRUEBA			CICLO 2 VECES IM-240		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			6,4		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			6400		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,74	0,7	0,75	-	-

CALCULO DEL RENDIMIENTO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/lt)	8,649	9,143	8,533	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	32,692	34,560	32,256	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,420	0,410	0,390	-	-
CO2 [%v]	13,550	13,560	13,490	-	-
HC [%v]	0,003	0,003	0,003	-	-
O2 [%v]	0,920	0,910	1,030	-	-
NOx [%v]	0,033	0,038	0,032	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO ₂					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,031	0,030	0,029	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,002	0,003	0,002	-	-

FACTORES DE EMISION					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	5,079	4,690	4,811	-	-
FHC (g/Km)	0,054	0,048	0,048	-	-
FNOX (g/Km)	0,430	0,463	0,426	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	4,860
FHC (g/Km)	0,050
FNOX (g/Km)	0,440

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

Firma  No. 1 Electrónicamente por:
FABIAN ANDRES IZA COLLAGUAZO

Nombres: Fabián Iza

Firma Responsable de  Electrónicamente por:
DIEGO LUIS LINCANGO

Nombre: Ing. Diego Lincango

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 2	N°	CCICEV-04-00-03-2020-EFE - 088 - P2
	Página 1 / 2	FECHA:	21 de diciembre de 2020
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 ^{ta} 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	MAZDA	VIN Chasis / Placa:	8LFUNY02GCM04702 / OBA5487
Modelo:	BT-50	Kilometraje:	254096

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	F2872663
No. de cilindros y disposición	4 EN LÍNEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	74 KW @ 5000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	164,75 N.m @ 2000 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	2200	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	CAMIONETA
Tipo	N_1	Año modelo vehículo	2012
Tonelaje	1	País de origen	ECUADOR

**Opcional en RTV

Hora de inicio	11 h 00	Hora final	12 h 30 min		
Temperatura ambiente °C	20	Humedad Relativa (%)	42		
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]	0,47	0,43	0,41	-	-
CO2 [%v]	13,36	13,38	13,34	-	-
HC [ppm]	41	33	36	-	-
O2 [%v]	1,05	1,07	1,14	-	-
NOx [ppm]	441	432	424	-	-

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

Firma Responsables:  **Técnico No 1**
Firmado electrónicamente por:
FABIÁN ANDRES IZA COLLAGUAZO
Nombres: Fabián Iza

Firma Responsable de Unidad:  **Técnico No 2**
Firmado electrónicamente por:
DIEGO LUIS LINCANGO
Nombre: Ing. Diego Lincango

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE Revisión 2 N° CCICEV-04-00-03-2020-EFE - 088 - P2
Página 2 / 2 FECHA: 21 de diciembre de 2020

DATOS DEL CICLO UTILIZADO					
CICLO DE PRUEBA			CICLO 2 VECES IM-240		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			6,4		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			6400		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,7	0,71	0,7	-	-

CALCULO DEL RENDIMIENTO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/lt)	9,143	9,014	9,143	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	34,560	34,073	34,560	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,470	0,430	0,410	-	-
CO2 [%v]	13,360	13,380	13,340	-	-
HC [%v]	0,004	0,003	0,004	-	-
O2 [%v]	1,050	1,070	1,140	-	-
NOx [%v]	0,044	0,043	0,042	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO ₂					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,035	0,032	0,031	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,003	0,003	0,003	-	-

FACTORES DE EMISION					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	5,429	5,046	4,764	-	-
FHC (g/Km)	0,071	0,058	0,063	-	-
FNOX (g/Km)	0,546	0,543	0,528	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	5,080
FHC (g/Km)	0,064
FNOX (g/Km)	0,539

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

Firma  No.1 electrónicamente por: **FABIAN ANDRES IZA COLLAGUAZO**

Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2

Firma Responsable de  No.2 electrónicamente por: **DIEGO LUIS LINCANGO**

Nombre: Ing. Diego Lincango

ANEXO J: RESULTADOS DE PRUEBAS OBTENIDAS DEL VEHÍCULO SUZUKI S-CROSS EN EL LABORATORIO

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 2	N°	CCICEV-04-00-03-2020-EFE - 087 - P2		
	Página 1 / 2	FECHA:	18 de diciembre de 2020		
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 ^{ta} rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>			
No. Visita <input type="text" value="2"/>	Otros <input type="checkbox"/>				
<small>*RTV: Revisión Técnica Vehicular ** Los resultados expresados en el presente documento no pueden ser utilizados para aprobar ningún proceso de RTV</small>					
DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO					
Marca	SUZUKI	VIN Chasis / Placa:	TSMYA22SXJM569783 / PCY9601		
Modelo:	S-CROSS	Kilometraje:	53542		
MOTOR (Datos del fabricante)**					
Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	M16A2209732		
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/A		
Máxima Potencia (kw/rpm)	88 KW @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	156 N.m @ 4400 RPM		
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO		
Cilindrada [cm ³]	1600	Transmisión (manual/automatica)	MANUAL		
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA ECOPAÍS	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO		
Tipo	M_1	Año modelo vehiculo	2018		
Tonelaje	0,75	País de origen	HUNGRÍA		
<small>**Opcional en RTV</small>					
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES					
PRUEBAS DINÁMICAS - ON BOARD					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,22	0,22	0,2	-	-
CO2 [%v]	13,02	12,91	12,79	-	-
HC [ppm]	9	7	7	-	-
O2 [%v]	1,92	2,08	2,3	-	-
NOx [ppm]	80	112	111	-	-
OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante					
Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba					
Técnico No 1		Técnico No 2			
Firma Responsables:		Firmado electrónicamente por:		Firmado electrónicamente por:	
	FABIAN ANDRES IZA COLLAGUAZO		DIEGO LUIS LINCANGO		
Nombres:	Fabián Iza	Nombre:	Ing. Diego Lincango		
<small>Formato de registro primario para ensayo de factores de emisión / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado</small>					

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE Revisión 2 N° CCICEV-04-00-03-2020-EFE - 087 - P2
Página 2 / 2 FECHA: 18 de diciembre de 2020

DATOS DEL CICLO UTILIZADO

CICLO DE PRUEBA					
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			CICLO 2 VECES IM-240		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			6,4		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,39	0,38	0,37	-	-

CALCULO DEL RENDIMIENTO

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/l)	16,410	16,842	17,297	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	62,031	63,663	65,384	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,220	0,220	0,200	-	-
CO2 [%v]	13,020	12,910	12,790	-	-
HC [%v]	0,001	0,001	0,001	-	-
O2 [%v]	1,920	2,080	2,300	-	-
NOx [%v]	0,008	0,011	0,011	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO₂

Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,017	0,017	0,016	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,001	0,001	0,001	-	-

FACTORES DE EMISION

Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	1,480	1,454	1,301	-	-
FHC (g/Km)	0,009	0,007	0,007	-	-
FNOX (g/Km)	0,058	0,079	0,077	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION

FCO (g/Km)	1,412
FHC (g/Km)	0,008
FNOX (g/Km)	0,071

OBSERVACIONES: El combustible fue proporcionado por el solicitante

Los resultados aplican únicamente al vehículo de prueba

Firma  Técnico No 1 **FABIAN ANDRES IZA COLLAGUAZO** Técnico No 2  Firma Responsable de **DIEGO LUIS LINCANGO**

Nombres: Fabián Iza Nombre: Ing. Diego Lincango

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE	Revisión 2	N°	CCICEV-04-00-03-2020-EFE - 087 - P1
	Página 1 / 2	FECHA:	18 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"/>	Prechequeo RTV* <input type="checkbox"/>	
Reevaluación <input type="checkbox"/>	Evaluación RTV* 4 ^{ta} 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	SUZUKI	VIN Chasis / Placa:	TSMYA22SXJM569783 / PCY9601
Modelo:	S-CROSS	Kilometraje:	53523

MOTOR (Datos del fabricante)**

Posición de motor	DELANTERO TRANSVERSAL	No. Motor	M16A2209732
No. de cilindros y disposición	4 EN LINEA	Versión	N/A
Máxima Potencia (kw/rpm)	88 KW @ 6000 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	156 N.m @ 4400 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Cilindrada [cm3]	1600	Transmisión (manual/automática)	MANUAL
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA	Categoría-Subcategoría-Clase	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO
Tipo	M_1	Año modelo vehículo	2018
Tonelaje	0,75	País de origen	HUNGRÍA

**Opcional en RTV

Hora de inicio	09 h 00	Hora final	10 h 30 min		
Temperatura ambiente °C	20	Humedad Relativa (%)	40		
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]	0,28	0,29	0,3	-	-
CO2 [%v]	12,88	12,81	12,74	-	-
HC [ppm]	15	15	18	-	-
O2 [%v]	1,98	2,08	2,22	-	-
NOx [ppm]	60	71	72	-	-

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

Técnico No 1
Firma Responsables:  **FABIAN ANDRES IZA COLLAGUAZO**
Nombres: Fabián Iza

Técnico No 2
Firma Responsable de Unidad:  **DIEGO LUIS LINCANGO**
Nombre: Ing. Diego Lincango

REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE FACTORES DE EMISION

CODIGO: CCICEV-04-00-03-EFE Revisión 2 N° CCICEV-04-00-03-2020-EFE - 087 - P1
 Página 2 / 2 FECHA: 18 de diciembre de 2020

DATOS DEL CICLO UTILIZADO					
CICLO DE PRUEBA			CICLO 2 VECES IM-240		
DISTANCIA RECORRIDA (Km)			6,4		
DISTANCIA RECORRIDA (m)			6400		
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Consumo en litros	0,36	0,36	0,38	-	-

CALCULO DEL RENDIMIENTO					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
Rendimiento (Km/l)	17,778	17,778	16,842	-	-
Rendimiento (Km/Gl)	67,200	67,200	63,663	-	-

EMISIONES CONTAMINANTES EN PORCENTAJE					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
CO [%v]	0,280	0,290	0,300	-	-
CO2 [%v]	12,880	12,810	12,740	-	-
HC [%v]	0,002	0,002	0,002	-	-
O2 [%v]	1,980	2,080	2,220	-	-
NOx [%v]	0,006	0,007	0,007	-	-

R EN FUNCIÓN DE CO ₂					
Parámetros	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
RCO	0,022	0,023	0,024	-	-
RHC	0,000	0,000	0,000	-	-
RNOX	0,000	0,001	0,001	-	-

FACTORES DE EMISION					
Parámetros	DENSIDAD DE COMBUSTIBLE (Kg/m ³)			744	
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5
FCO (g/Km)	1,749	1,820	1,996	-	-
FHC (g/Km)	0,014	0,014	0,018	-	-
FNOX (g/Km)	0,040	0,048	0,051	-	-

PROMEDIO FACTORES DE EMISION	
FCO (g/Km)	1,855
FHC (g/Km)	0,015
FNOX (g/Km)	0,046

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

Firma  Técnico No 1
Firmado electrónicamente por:
FABIAN ANDRES IZAZOLA
 Nombres: Fabián Iza 0

Firma Responsable de 
Firmado electrónicamente por:
DIEGO LUIS LINCANGO
 Nombre: Ing. Diego Lincango

ANEXO K: ESPECIFICACIONES DE LA GASOLINA ECOPAÍS Y EXTRA

Propiedades del combustible	Normas	Norma NTE INEN: 935:2012	Gasolina 87 octanos	Gasolina 87 octanos con 5 % de etanol
Números de octanos	ASTM D2699	87 min.	88.3	85.1
Curva de Destilación				
T10-10% evap., °C	ASTM D88	70 max.	50	56
T50-50% evap., °C		77-121	99	105
T90-90% evap., °C		189 máx.	163	167.5
Residuo %		98 min.	98.5	98.5
Presión de vapor de Reid, kPa	ASTM D4953	60 máx.	58.6	50
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50 °C)	ASTM D130	1	1	1
Contenido de azufre	ASTM D7220	650 máx.	169	190
Contenido de gomas (mg/cm ³)	ASTM D381	3 máx.	1	1