



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS EMISIONES DE GASES  
CONTAMINANTES ENTRE UN SISTEMA DE INYECCIÓN  
MONOPUNTO Y UN SISTEMA DE INYECCIÓN MULTIPUNTO  
INDIRECTA UTILIZANDO UNA ECU PROGRAMABLE EN UN  
VEHÍCULO SUZUKI VITARA JX**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**BRYAN JAVIER ALTAMIRANO GAMBOA**

**ANTHONY RODRIGO GUEVARA DÍAZ**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS EMISIONES DE GASES  
CONTAMINANTES ENTRE UN SISTEMA DE INYECCIÓN  
MONOPUNTO Y UN SISTEMA DE INYECCIÓN MULTIPUNTO  
INDIRECTA UTILIZANDO UNA ECU PROGRAMABLE EN UN  
VEHÍCULO SUZUKI VITARA JX**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:** BRYAN JAVIER ALTAMIRANO GAMBOA

ANTHONY RODRIGO GUEVARA DÍAZ

**DIRECTOR:** ING. JUAN CARLOS CASTELO VALDIVIESO MSC.

Riobamba – Ecuador

2022

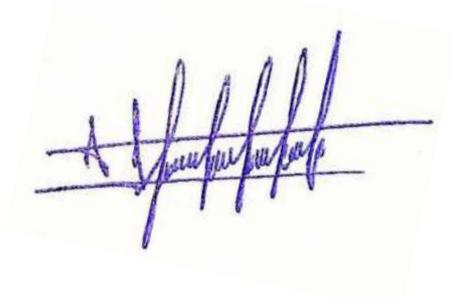
**©2022, Bryan Javier Altamirano Gamboa & Anthony Rodrigo Guevara Díaz**

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

Nosotros, BRYAN JAVIER ALTAMIRANO GAMBOA y ANTHONY RODRIGO GUEVARA DÍAZ, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este 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, 12 de diciembre de 2022



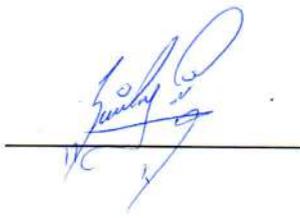
**Bryan Javier Altamirano Gamboa**  
180373173-4



**Anthony Rodrigo Guevara Díaz**  
160092439-1

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto Técnico, **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES ENTRE UN SISTEMA DE INYECCIÓN MONOPUNTO Y UN SISTEMA DE INYECCIÓN MULTIPUNTO INDIRECTA UTILIZANDO UNA ECU PROGRAMABLE EN UN VEHÍCULO SUZUKI VITARA JX**, realizado por los señores: **BRYAN JAVIER ALTAMIRANO GAMBOA** y **ANTHONY RODRIGO GUEVARA DIAZ**, ha sido minuciosamente revisado por os 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.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos Msc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2022-12-12
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso Msc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR</b>	 _____	2022-12-12
Ing. Javier José Gavilanes Carrión Msc. <b>ASESOR DE TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR</b>	 _____	2022-12-12

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por regalarme esa fuerza de carácter y valor para superar cada uno de los obstáculos que coloca día a día en mi caminar y así llevar a cabo todas las metas planteadas en una cierta etapa de mi vida.

A las personas más especiales en mi vida he incondicionales mis padres “Gabriel Altamirano y Jacqueline Gamboa” quienes fomentaron valores y virtudes para forjar un hombre de bien, por depositar su confianza en mí y enseñarme a ser perseverante y constante en el caminar de la vida. Además, a mi hermana “Gabriela Altamirano” y a todos los amigos que la vida me puso en mi camino.

A la prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Carrera de Ingeniería Automotriz por brindarme esa oportunidad de prepararme profesionalmente en sus aulas y a cada uno de mis docentes quienes formaron parte de mi preparación profesional.

Bryan

Agradezco a mis padres “Rodrigo Guevara y Elida Díaz” quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, sacrificio y humildad, además de inculcar valores y virtudes que todo hombre de bien tiene y enseñándome a confiar en mí que soy capaz de alcanzar todo lo que me proponga. A mis padres les dedico el presente trabajo, porque han formado de manera activa en mi preparación profesional fomentando en mí, el deseo de superación y triunfo.

A la prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Carrera de Ingeniería Automotriz por brindarme esa oportunidad de prepararme profesionalmente en sus aulas en donde pase momentos espectaculares junto a cada uno de mis amigos, compañeros y docentes quienes formaron parte de mi preparación profesional.

Anthony

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY .....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	2
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA .....	2
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	4
CAPÍTULO II .....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de investigación .....	6
2.2. Referencias teóricas.....	7
2.2.1. <i>Computadoras programables</i> .....	7
2.2.1.1. <i>Computadora Fultech FT 450</i> .....	8
2.2.2. <i>Partes del sistema admisión</i> .....	9
2.2.2.1. <i>Múltiple de admisión</i> .....	9
2.2.2.2. <i>Cuerpo de aceleración</i> .....	10
2.2.2.3. <i>Filtro de aire</i> .....	10
2.2.3. <i>Sistema de inyección electrónica</i> .....	11
2.2.3.1. <i>Sensores del sistema de inyección electrónica</i> .....	11
2.2.3.1.1. <i>Sensor TPS</i> .....	12
2.2.3.1.2. <i>Sensor MAF</i> .....	12
2.2.3.1.3. <i>Sensor MAP</i> .....	13
2.2.3.1.4. <i>Sensor CKP</i> .....	13
2.2.3.1.5. <i>Sensor CMP</i> .....	14
2.2.3.1.6. <i>Sensor ECT</i> .....	15
2.2.3.1.7. <i>Sensor Wideband O2</i> .....	15
2.2.3.2. <i>Actuadores del sistema de inyección electrónica</i> .....	16
2.2.3.2.1. <i>Inyectores de alta impedancia</i> .....	16
2.2.3.2.2. <i>Válvula IAC</i> .....	16

2.2.3.2.3.	<i>Bobinas de encendido DIS con transistor incorporado</i> .....	17
2.2.3.2.4.	<i>Bomba de combustible</i> .....	18
<b>CAPÍTULO III</b> .....		<b>19</b>
<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1.</b>	<b>Enfoque de la investigación</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2.</b>	<b>Tipo de investigación</b> .....	<b>19</b>
<b>3.3.</b>	<b>Vehículo de prueba</b> .....	<b>21</b>
<b>3.4.</b>	<b>Revisión técnica del vehículo</b> .....	<b>22</b>
<b>3.5.</b>	<b>Implementación del nuevo sistema de inyección</b> .....	<b>23</b>
3.5.1.	<i>ECU programable</i> .....	23
3.5.2.	<i>Sistema de admisión</i> .....	24
3.5.2.1.	<i>Cuerpo de aceleración</i> .....	24
3.5.2.2.	<i>Múltiple de admisión</i> .....	24
3.5.2.3.	<i>Mangueras de admisión de aire</i> .....	25
3.5.3.	<i>Elementos externos al sistema de admisión</i> .....	25
3.5.3.1.	<i>Riel de inyectores</i> .....	25
3.5.3.2.	<i>Rueda fónica</i> .....	25
3.5.4.	<i>Sistema de inyección electrónica</i> .....	26
3.5.4.1.	<i>Selección de los sensores</i> .....	26
3.5.4.2.	<i>Selección de los actuadores</i> .....	27
3.5.5.	<i>Proceso de configuración de la ECU programable</i> .....	27
<b>3.6.</b>	<b>Medición de emisiones de gases de escape bajo la norma NTE INEN 2203</b> ....	<b>28</b>
3.6.1.	<i>Protocolo de obtención de las emisiones de gases contaminantes</i> .....	29
<b>3.7.</b>	<b>Equipamiento y descripción</b> .....	<b>30</b>
3.7.1.	<i>Analizador de gases MGT5</i> .....	30
<b>3.8.</b>	<b>Determinación del consumo de combustible</b> .....	<b>31</b>
3.8.1.	<i>Número de pruebas a realizar</i> .....	31
3.8.2.	<i>Instrumentación</i> .....	31
3.8.2.1.	<i>Tanque externo de combustible</i> .....	31
3.8.2.2.	<i>Probeta de medición</i> .....	32
3.8.3.	<i>RaceChrono</i> .....	33
3.8.4.	<i>Ruta de prueba</i> .....	34
3.8.5.	<i>Protocolo de obtención del consumo de combustible</i> .....	35
<b>3.9.</b>	<b>Curvas de torque y potencia del vehículo de prueba</b> .....	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO IV</b> .....		<b>38</b>
<b>4.</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>38</b>
<b>4.1.</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>38</b>

<b>4.2.</b>	<b>Revisión técnica del vehículo de prueba .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.</b>	<b>Modificación del sistema de inyección del vehículo de prueba.....</b>	<b>39</b>
<b>4.3.1.</b>	<b><i>ECU programable seleccionada.....</i></b>	<b>40</b>
<b>4.3.2.</b>	<b><i>Instalación del sistema de admisión.....</i></b>	<b>40</b>
4.3.2.1.	<i>Cuerpo de aceleración.....</i>	40
4.3.2.2.	<i>Múltiple de admisión .....</i>	41
4.3.2.3.	<i>Manguera de admisión de aire.....</i>	44
<b>4.3.3.</b>	<b><i>Instalación de los elementos externos al sistema de admisión.....</i></b>	<b>45</b>
4.3.3.1.	<i>Riel de inyectores .....</i>	45
4.3.3.2.	<i>Ruedas fónicas.....</i>	45
<b>4.3.4.</b>	<b><i>Instalación del sistema de inyección electrónica.....</i></b>	<b>47</b>
4.3.4.1.	<i>Sensores seleccionados.....</i>	48
4.3.4.1.	<i>Actuadores seleccionados.....</i>	49
<b>4.3.5.</b>	<b><i>Conexión y configuración de la ECU programable .....</i></b>	<b>51</b>
4.3.5.1.	<i>Conexión del conector de la ECU programable .....</i>	51
4.3.5.2.	<i>Proceso para la creación de un mapa de inyección.....</i>	53
4.3.5.2.1.	<i>Selección de las opciones del mapa .....</i>	53
4.3.5.2.2.	<i>Configuraciones del motor.....</i>	54
4.3.5.2.3.	<i>Selección de las características de los sensores de rotación.....</i>	54
4.3.5.2.4.	<i>Selección de las características de ignición del motor .....</i>	55
4.3.5.2.4.	<i>Selección de las características de inyección .....</i>	56
4.3.5.2.5.	<i>Selección de las características del pedal.....</i>	56
4.3.5.2.6.	<i>Ajuste de las características para el cálculo del mapa padrón .....</i>	57
4.3.5.2.7.	<i>Configuración del sensor de fase.....</i>	57
4.3.5.2.8.	<i>Mapa de ignición e inyección generado por la plataforma PowerFT.....</i>	58
4.3.5.3.	<i>Mapa actual de inyección e ignición.....</i>	59
<b>4.4.</b>	<b>Análisis de emisiones contaminantes del vehículo de prueba.....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.1.</b>	<b><i>Emisiones contaminantes con el sistema de inyección monopunto.....</i></b>	<b>60</b>
4.4.1.1.	<i>Prueba estática a ralentí .....</i>	60
4.4.1.2.	<i>Prueba estática a régimen de giro alto .....</i>	62
<b>4.4.2.</b>	<b><i>Emisiones contaminantes con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.....</i></b>	<b>64</b>
4.4.2.1.	<i>Prueba estática a ralentí .....</i>	64
4.4.2.2.	<i>Prueba estática a régimen de giro alto .....</i>	66
<b>4.4.3.</b>	<b><i>Comparativa de las emisiones contaminantes entre los sistemas de inyección indirecta monopunto y multipunto con ECU programable .....</i></b>	<b>68</b>
4.4.3.1.	<i>Prueba estática a ralentí .....</i>	68
4.4.3.2.	<i>Prueba estática a régimen de giro alto .....</i>	70
<b>4.5.</b>	<b>Rendimiento de combustible del vehículo de prueba .....</b>	<b>72</b>

<b>4.5.1.</b>	<b><i>Graficas de la ruta de prueba relacionadas con el consumo de combustible.....</i></b>	<b>73</b>
4.5.1.1.	<i>Perfil de altura de la ruta.....</i>	73
4.5.1.2.	<i>Comportamiento del vehículo de prueba durante el recorrido de la ruta de prueba</i>	74
4.5.1.3.	<i>Ruta velocidad vs tiempo de las pruebas de consumo de combustible.....</i>	76
4.5.1.3.1.	<i>Ruta velocidad vs tiempo con el sistema de inyección monopunto.....</i>	76
4.5.1.3.2.	<i>Ruta velocidad vs tiempo con el sistema de inyección indirecta multipunto con ECU programable .....</i>	79
<b>4.5.2.</b>	<b><i>Rendimiento de combustible con el sistema de inyección monopunto .....</i></b>	<b>81</b>
<b>4.5.3.</b>	<b><i>Rendimiento de combustible con el sistema de inyección multipunto con ECU programable .....</i></b>	<b>82</b>
<b>4.5.4.</b>	<b><i>Comparativa del rendimiento de combustible entre los sistemas de inyección indirecta monopunto y multipunto con ECU programable .....</i></b>	<b>84</b>
<b>4.6.</b>	<b><i>Curvas de torque y potencia resultantes del vehículo de prueba .....</i></b>	<b>85</b>
4.6.1.	<i>Curvas de torque y potencia con el sistema de inyección monopunto.....</i>	85
4.6.2.	<i>Curvas de torque y potencia con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.....</i>	88
<b>4.6.3.</b>	<b><i>Comparativa de las curvas de torque y potencia entre los sistemas de inyección indirecta monopunto y multipunto con ECU programable. ....</i></b>	<b>90</b>
4.6.3.1.	<i>Comparativa de las curvas de potencia entre el sistema de inyección monopunto vs inyección multipunto.....</i>	91
4.6.3.2.	<i>Comparativa de las curvas de torque entre el sistema de inyección monopunto vs inyección multipunto.....</i>	92
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>93</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>94</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA1</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Características y propiedades de la ECU FT450 .....	9
<b>Tabla 1-3:</b> Características técnicas Vitara 1.6lt 8V.....	22
<b>Tabla 2-3:</b> Componentes del sistema de inyección indirecta multipunto.....	23
<b>Tabla 3-3:</b> Comparativa de ECUs programables .....	23
<b>Tabla 4-3:</b> Rueda fónica para los sensores CKP y CMP.....	26
<b>Tabla 5-3:</b> Condiciones de selección para los sensores que integran el sistema de inyección indirecta multipunto.....	26
<b>Tabla 6-3:</b> Condiciones de selección para los actuadores que integran el sistema de inyección indirecta multipunto.....	27
<b>Tabla 7-3:</b> Características técnicas del analizador MAHHA MGT5 .....	31
<b>Tabla 8-3:</b> Elementos utilizados con el tanque externo .....	32
<b>Tabla 1-4:</b> Inspección técnica realizada al vehículo para su correcto funcionamiento .....	38
<b>Tabla 2-4:</b> Descripción de las dimensiones y materiales utilizados para la fabricación del múltiple de admisión.....	43
<b>Tabla 3-4:</b> Ángulos de ubicación de los dientes fabricados .....	47
<b>Tabla 4-4:</b> Calculo del flujo de cada inyector .....	51
<b>Tabla 5-4:</b> Pines de conexión hacia sensores y actuadores .....	52
<b>Tabla 6-4:</b> Resumen de las gráficas de velocidad vs tiempo del sistema de inyección monopunto .....	79
<b>Tabla 7-4:</b> Resumen de las gráficas de velocidad vs tiempo del sistema de inyección multipunto con ECU programable .....	81
<b>Tabla 8-4:</b> Consumo de combustible con el sistema de inyección monopunto .....	81
<b>Tabla 9-4:</b> Error de medición del combustible con el sistema de inyección monopunto.....	82
<b>Tabla 10-4:</b> Rendimiento del combustible con el sistema de inyección monopunto .....	82
<b>Tabla 11-4:</b> Consumo de combustible con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.....	83
<b>Tabla 12-4:</b> Error de medición del combustible con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.....	83
<b>Tabla 13-4:</b> Rendimiento del combustible con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.....	84
<b>Tabla 14-4:</b> Rendimiento del combustible con el sistema de inyección monopunto y multipunto con ECU programable .....	84
<b>Tabla 15-4:</b> Valores de torque y potencia del vehículo con el sistema de inyección monopunto .....	86

<b>Tabla 16-4:</b> Promedio del torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección monopunto .....	87
<b>Tabla 17-4:</b> Valores de torque y potencia del vehículo con el sistema de inyección multipunto .....	88
<b>Tabla 18-4:</b> Promedio del torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección multipunto .....	89
<b>Tabla 19-4:</b> Comparativa de torque y potencia .....	91

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b> Computadoras programables .....	8
<b>Ilustración 2-2:</b> FuelTech FT450 .....	8
<b>Ilustración 3-2:</b> Múltiple de admisión .....	9
<b>Ilustración 4-2:</b> Cuerpo de aceleración.....	10
<b>Ilustración 5-2:</b> Variedad de filtros de aire.....	10
<b>Ilustración 6-2:</b> Sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica.....	11
<b>Ilustración 7-2:</b> Configuración y funcionamiento del sensor TPS .....	12
<b>Ilustración 8-2:</b> Funcionamiento del sensor de flujo de aire .....	12
<b>Ilustración 9-2:</b> Configuración y funcionamiento del sensor MAP.....	13
<b>Ilustración 10-2:</b> Sensor CKP inductivo.....	14
<b>Ilustración 11-2:</b> Sensor CMP de efecto hall.....	14
<b>Ilustración 12-2:</b> Sensor ECT .....	15
<b>Ilustración 13-2:</b> Conexión del sensor LSU 4.2 .....	15
<b>Ilustración 14-2:</b> Diagrama y oscilograma de un inyector de inyección indirecta .....	16
<b>Ilustración 15-2:</b> Válvula IAC Tipo Motor de Pasos.....	17
<b>Ilustración 16-2:</b> Estructura interna de una bobina doble de chispa perdida con transistor incorporado .....	17
<b>Ilustración 1-3:</b> Metodología desarrollada para el trabajo de titulación.....	20
<b>Ilustración 2-3:</b> Vehículo de prueba utilizado para el trabajo de titulación.....	21
<b>Ilustración 3-3:</b> Parámetros de revisión del vehículo de prueba.....	22
<b>Ilustración 4-3:</b> Esquema del proceso de fabricación del múltiple de admisión para el sistema de inyección indirecta multipunto .....	25
<b>Ilustración 5-3:</b> Parámetros seleccionados dentro del programa FTManagaer para la generación de un mapa padrón .....	28
<b>Ilustración 6-3:</b> Prueba de emisiones de gases .....	29
<b>Ilustración 7-3:</b> Protocolo de obtención de gases contaminantes bajo la norma NTE INEN 2203 .....	29
<b>Ilustración 8-3:</b> Analizador de gases MAHA MGT 5 .....	30
<b>Ilustración 9-3:</b> Tanque externo para evaluar el consumo de combustible .....	32
<b>Ilustración 10-3:</b> Probeta utilizada para medir el combustible restante.....	33
<b>Ilustración 11-3:</b> Aplicación utilizada para la toma de datos .....	34
<b>Ilustración 12-3:</b> Grafica de velocidad vs distancia generada por RaceChrono.....	34
<b>Ilustración 13-3:</b> Ruta de prueba .....	35
<b>Ilustración 14-3:</b> Protocolo realizado para evaluar el consumo de combustible .....	36
<b>Ilustración 15-3:</b> Vehículo de estudio en el banco de pruebas Bapro .....	37

<b>Ilustración 1-4:</b> Adquisición de la computadora Ft450 .....	40
<b>Ilustración 2-4:</b> Cuerpo de aceleración.....	41
<b>Ilustración 3-4:</b> Base de acoplamiento hacia el múltiple de admisión .....	41
<b>Ilustración 4-4:</b> Empaque del múltiple de admisión del vehículo de prueba.....	41
<b>Ilustración 5-4:</b> Dibujo realizado de manera manual para dibujar en un software CAD .....	42
<b>Ilustración 6-4:</b> Diseño realizado de forma manual para crearlo en un software CAD.....	42
<b>Ilustración 7-4:</b> Brida de acoplamiento para el cuerpo de aceleración.....	43
<b>Ilustración 8-4:</b> Brida de acoplamiento hacia el cabezote del vehículo .....	44
<b>Ilustración 9-4:</b> Múltiple de admisión terminado .....	44
<b>Ilustración 10-4:</b> Mangueras ocupadas para la conexión del depurador del vehículo .....	45
<b>Ilustración 11-4:</b> Riel de inyectores seleccionado para la modificación .....	45
<b>Ilustración 12-4:</b> Rueda fónica adaptada a la polea de accesorios del motor .....	46
<b>Ilustración 13-4:</b> Bordes diseñados para sensar el giro del árbol de levas .....	46
<b>Ilustración 14-4:</b> Dientes fabricados en la polea del árbol de levas .....	47
<b>Ilustración 15-4:</b> Sensor CKP inductivo.....	48
<b>Ilustración 16-4:</b> Sensor CMP de efecto hall.....	48
<b>Ilustración 17-4:</b> Sensor TPS.....	49
<b>Ilustración 18-4:</b> Conexión del sensor MAP .....	49
<b>Ilustración 19-4:</b> Inyector de alta impedancia .....	50
<b>Ilustración 20-4:</b> Prueba de flujo de los inyectores .....	50
<b>Ilustración 21-4:</b> Bobina doble de chispa perdida .....	51
<b>Ilustración 22-4:</b> Ramal de cables de conexión.....	52
<b>Ilustración 23-4:</b> Configuración de la Ft450 .....	53
<b>Ilustración 24-4:</b> Selección de las opciones para la creación del mapa.....	53
<b>Ilustración 25-4:</b> Opciones seleccionadas de acuerdo con las características del motor.....	54
<b>Ilustración 26-4:</b> Características de rotación seleccionadas para el vehículo de prueba.....	55
<b>Ilustración 27-4:</b> Selección del modo de ignición del vehículo. ....	55
<b>Ilustración 28-4:</b> Selección del modo de inyección del vehículo.....	56
<b>Ilustración 29-4:</b> Selección de las características del pedal.....	56
<b>Ilustración 30-4:</b> Ajuste de las características del motor.....	57
<b>Ilustración 31-4:</b> Configuración del sensor de fase .....	58
<b>Ilustración 32-4:</b> Mapa de inyección generado de manera automática .....	58
<b>Ilustración 33-4:</b> Mapa de ignición generado de manera automática.....	59
<b>Ilustración 34-4:</b> Mapa de inyección, MAP vs RPM actual del vehículo .....	59
<b>Ilustración 35-4:</b> Curva de ignición actual del vehículo.....	60
<b>Ilustración 36-4:</b> Emisiones de CO en ralentí con el sistema de inyección monopunto.....	61
<b>Ilustración 37-4:</b> Emisiones de HC en ralentí con el sistema de inyección monopunto.....	62

<b>Ilustración 38-4:</b> Emisiones de CO en régimen de giro alto con el sistema de inyección monopunto.....	63
<b>Ilustración 39-4:</b> Emisiones de HC en régimen de giro alto con el sistema de inyección monopunto.....	64
<b>Ilustración 40-4:</b> Emisiones de CO en ralentí con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.....	65
<b>Ilustración 41-4:</b> Emisiones de HC en ralentí con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.....	66
<b>Ilustración 42-4:</b> Emisiones de CO en régimen de giro alto con el sistema de inyección multipunto con ECU programable .....	67
<b>Ilustración 43-4:</b> Emisiones de HC en régimen de giro alto con el sistema de inyección multipunto con ECU programable .....	68
<b>Ilustración 44-4:</b> Comparativa de emisiones de CO en ralentí entre los sistemas de inyección monopunto y multipunto con ECU programable .....	69
<b>Ilustración 45-4:</b> Comparativa de emisiones de HC en ralentí entre los sistemas de inyección monopunto y multipunto con ECU programable .....	70
<b>Ilustración 46-4:</b> Comparativa de emisiones de CO en régimen de giro alto entre los sistemas de inyección monopunto y multipunto con ECU programable.....	71
<b>Ilustración 47-4:</b> Comparativa de emisiones de HC en régimen de giro alto entre los sistemas de inyección monopunto y multipunto con ECU programable.....	72
<b>Ilustración 48-4:</b> Ruta de prueba (Riobamba – Ambato) .....	73
<b>Ilustración 49-4:</b> Perfil de altura de la ruta de prueba .....	74
<b>Ilustración 50-4:</b> Tiempos de ruta recorrida con el sistema de inyección monopunto .....	75
<b>Ilustración 51-4:</b> Tiempos de ruta recorrida con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.....	76
<b>Ilustración 52-4:</b> Velocidad vs tiempo de la prueba 1 en la ruta de prueba con el sistema de inyección monopunto .....	77
<b>Ilustración 53-4:</b> Velocidad vs tiempo de la prueba 2 en la ruta de prueba con el sistema de inyección monopunto .....	77
<b>Ilustración 54-4:</b> Velocidad vs tiempo de la prueba 3 en la ruta de prueba con el sistema de inyección monopunto .....	78
<b>Ilustración 55-4:</b> Velocidad vs tiempo de la prueba 1 en la ruta de prueba con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.....	79
<b>Ilustración 56-4:</b> Velocidad vs tiempo de la prueba 2 en la ruta de prueba con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.....	80
<b>Ilustración 57-4:</b> Velocidad vs tiempo de la prueba 3 en la ruta de prueba con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.....	80

<b>Ilustración 58-4:</b> Comparativa del consumo de combustible del Vitara JX con el sistema de inyección monopunto y multipunto con ECU programable.....	85
<b>Ilustración 59-4:</b> Comparativa de las pruebas de torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección monopunto .....	86
<b>Ilustración 60-4:</b> Curvas de torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección monopunto.....	88
<b>Ilustración 61-4:</b> Comparativa de las pruebas de torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección multipunto .....	89
<b>Ilustración 62-4:</b> Curvas de torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección multipunto .....	90
<b>Ilustración 63-4:</b> Comparación de la potencia con el sistema de inyección monopunto vs multipunto .....	91
<b>Ilustración 64-4:</b> Comparación de las curvas de torque con el sistema de inyección monopunto vs multipunto.....	92

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** Certificado de haber ejecutado las pruebas de emisiones de gases contaminantes bajo la norma NTE INEN 2203 en el CCICEV.
- ANEXO B:** Registro de datos de pruebas de emisiones de gases estáticos del sistema de inyección monopunto emitido por el CCICEV.
- ANEXO C:** Registro de datos de pruebas de emisiones de gases estáticos del sistema de inyección multipunto indirecta con ECU programable emitido por el CCICEV.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo de titulación fue realizar un análisis comparativo de emisiones de gases contaminantes entre un sistema de inyección monopunto y multipunto indirecto con ECU programable en un vehículo Suzuki Vitara JX, así como su consumo de combustible, torque y potencia del vehículo. La obtención de los valores de emisiones de gases de escape se las llevó a cabo en el centro certificado “CCICEV” bajo la norma NTE INEN 2203 donde se estudió los CO [%v] y HC [ppm] tanto en ralentí como en un régimen alto de giro, para el consumo de combustible se seleccionó una ruta de 74.5 [km] entre la ciudad de Riobamba y Ambato además se adaptó un tanque externo de combustible y se estableció un rango de velocidad entre 30 a 90 [km/h] para recorrer la ruta, valores que fueron controlados con la aplicación RaceChrono, también la obtención del torque y potencia del vehículo en un dinamómetro de la marca Bapro que mide el torque y potencia a las ruedas. Los resultados de emisiones de gases de escape el sistema de inyección multipunto con ECU programable presento la disminución de CO [%v] e incremento de HC [ppm] del 74.38 % y 117.78% en ralentí, 51.54% y 113.06% en un régimen de giro alto correlativamente respecto al sistema de inyección monopunto, un 5.43% menos consumo de combustible y aumento del torque y potencia del 1.21% y 8.81% respectivamente. En conclusión, el sistema de inyección multipunto con ECU programable presenta una disminución de CO [%v] e incremento de los HC [ppm], menor consumo de combustible, mayor torque y potencia con respecto al sistema de inyección monopunto. Se recomienda realizar inspecciones técnicas al vehículo antes de llevar a cabo las pruebas pertinentes para garantizar su correcto funcionamiento y no altere los resultados.

**Palabras claves:** <NTE INEN 2203>, <NTE INEN 2204>, <EMISIONES DE GASES DE ESCAPE>, <ECU PROGRAMABLE>, <SISTEMA DE INYECCIÓN>, <CONSUMO DE COMBUSTIBLE>, <TORQUE>, <POTENCIA>.

0154-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The objective of this degree work was to conduct a comparative analysis of polluting gas emissions between a single point and indirect multipoint injection system with a programmable ECU in a Suzuki Vitara JX vehicle and its fuel consumption, torque, and vehicle power. The exhaust gas emission values were obtained at the "CCICEV" certified center under the NTE INEN 2203 standard, where CO [%v] and HC [ppm] were studied both at idle and at a steady state. Turn stop, for fuel consumption, a 74.5 [km] route was selected between the city of Riobamba and Ambato, an external fuel tank was also adapted, and a speed range between 30 to 90 [km/h] was established for travel the route, values that were controlled with the Race Chrono application, as well as obtaining the torque and power of the vehicle on a Bapro brand dynamometer that measures torque and power to the wheels. The results of exhaust gas emissions of the multipoint injection system with programmable ECU presented a decrease in CO [%v] and an increase in HC [ppm] of 74.38% and 117.78% at idle, 51.54% and 113.06% at idle. Correlatively high rotation compared to the single point injection system, 5.43% less fuel consumption, and increased torque and power of 1.21% and 8.81%, respectively. In conclusion, the multipoint injection system with programmable ECU presents a decrease in CO [%v] and an increase in HC [ppm], lower fuel consumption, and greater torque and power than the single-point injection system. It is recommended to conduct technical inspections of the vehicle before the relevant tests to guarantee its correct operation and not alter the results.

**Keywords:** <NTE INEN 2203>, <NTE INEN 2204>, <EXHAUST GAS EMISSIONS>, <PROGRAMMABLE ECU>, <INJECTION SYSTEM>, <FUEL CONSUMPTION>, <TORQUE>, <POWER>.

0154-DBRA-UPT-2023



Licda. Mónica A. Castelo R. Mgs.

C.I: 060453982-5

## **INTRODUCCIÓN**

El control de las emisiones contaminantes de los vehículos representa un factor importante en la mejora de la calidad de vida de las personas y en el cuidado del medio ambiente, por ende, estas se encuentran reguladas tanto por normas nacionales e internacionales, debido a que repercuten de manera negativa en la calidad de vida y salud de las personas, siendo la industria automotriz desde hace tiempo una de las principales fuentes de emisiones contaminantes.

Siendo los vehículos con motores de combustión interna uno de los principales medios de transporte utilizados para el desarrollo de diversas actividades cotidianas, se tiene una alta presencia de tráfico vehicular y por ende una mayor cantidad de emisiones de gases contaminantes como el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos ocasionando daños en la salud de las personas, principalmente en el sistema respiratorio y cardiovascular.

Si bien todo vehículo expulsa estos gases por el tubo de escape puede existir una mayor concentración de estos debido a la ineficiencia de la combustión, por ende, los fabricantes de vehículos se centran de manera constante en mejorar las prestaciones de sus vehículos y cumplir con las diferentes normativas, lo cual ha generado mejoras en los sistemas de alimentación de combustible pasando desde el carburador hasta los diferentes sistemas de inyección de combustible, con el fin de disminuir el consumo de combustible lo que implica de manera directa una disminución de las emisiones de gases contaminantes generados por los vehículos.

En el presente trabajo se realizó una comparativa de emisiones contaminantes entre un sistema de inyección monopunto y un sistema de inyección multipunto indirecta que cuenta con una ECU programable, además, el consumo de combustible entre estos, en cuanto a la obtención de las emisiones de gases contaminantes se realizó bajo la norma NTE INEN 2203 antes y después de la modificación del sistema de inyección en el vehículo Vitara JX 2002, mientras que para el consumo de combustible se la lleva a cabo en la ruta Riobamba – Ambato igualmente antes y después de la modificación del sistema de inyección.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

En la actualidad, el uso de vehículos como medio de transporte forman parte indispensable para el desempeño de nuestras actividades, sin embargo, esto ha ocasionado que el número de vehículos que circulan en el país aumenten, trayendo consigo un aumento en las emisiones de gases contaminantes desencadenando alteraciones sobre la salud humana y el medio ambiente (Cuevas, 2020, p.17), debido a que después de la combustión, estos son liberados a través del tubo de escape hacia la atmósfera y se mezclan con el aire, entre los principales gases contaminantes en motores de combustión interna se tiene el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos (HC), óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y material particulado (PM) (Velepucha y Piguabe 2021, pp.79–80).

Entre las emisiones de gases contaminantes que tienen un impacto negativo en la salud de las personas, principalmente en la salud respiratoria y cardiovascular dando como consecuencia que su calidad de vida se vea deteriorada están los hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y los monóxidos de carbono (CO) dado que son los principales contribuyentes en la contaminación atmosférica provenientes de las emisiones vehiculares (Segura, 2016; Llanes et al. 2018).

Es por ello por lo que a nivel mundial se han establecido normas de cumplimiento obligatorio que regulan el límite de emisiones contaminantes por vehículo dependiendo su año de fabricación, sistema de alimentación y el tipo de combustible que usan, por ende, la industria automotriz ha ido evolucionando la gestión electrónica del motor de los vehículos a fin de brindar una mayor eficiencia y cumplir con las normativas de emisiones de gases contaminantes vigentes.

### 1.2. Planteamiento del problema

En el país aún circulan vehículos con sistema de inyección monopunto a pesar de su déficit de control sobre la inyección de combustible, provocando un consumo más elevado de este en comparación a otros sistemas de inyección y a su vez mayor emisiones de gases contaminantes, junto a ello es necesario tomar en cuenta que el costo de mantenimiento de este sistema de inyección es más costoso dado de que si existe un problema o avería en alguno de los componentes de la caja de la mariposa, es necesario la sustitución completa de esta.

Además, los sistemas de inyección monopunto cuenta con un inyector antes de la mariposa de aceleración ocasionando que se realice la mezcla de aire–combustible antes de entrar a los cilindros haciendo que esta se distribuya en las distintas cámaras de combustión de manera simultánea y mediante la succión provocada por el cilindro que esté en la etapa de admisión y al

no lograr el ingreso completo de la mezcla se desperdicia una cierta cantidad de combustible que da como consecuencia un enriquecimiento de la mezcla provocando emisiones indeseadas hacia la atmosfera, además en este sistema de inyección debido a que permanece con cierta cantidad de combustible dentro del múltiple de admisión a elevados regímenes de revoluciones y encontrándose el cuerpo de aceleración cerrado, por el incremento de temperatura provoca que el combustible se evapore generando así emisiones de gases contaminantes no controladas por el sistema (Payri y Desantes, 2011, p. 456), mientras que los sistemas de inyección multipunto indirecta es un sistema posterior y este presenta mejoras en el control de la inyección y por consecuencia una reducción en las emisiones de los gases de la combustión que producen los vehículos.

Si bien las emisiones de gases contaminantes están reguladas por diferentes normativas es necesario entender el por qué es más beneficioso un vehículo con un sistema de inyección multipunto de inyección indirecta que uno de sistema de inyección monopunto.

### **1.3. Justificación**

La industria automotriz es una de las que más contaminan, principalmente por las emisiones de gases contaminantes producida por los vehículos como los hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO), dando como origen el establecimiento de normas que regulen la contaminación vehicular y obligando a los fabricantes de vehículos a realizar mejoras en los diferentes sistemas que componen al vehículo a fin de cumplir con las normativas vigentes, para ello en este trabajo se realizara un análisis comparativo de las emisiones de gases contaminantes en base con una ECU programable en un vehículo Suzuki Vitara JX considerando que este último presenta mejores prestaciones al momento de regular la inyección de combustible para tener una relación estequiométrica ideal, lo que ocasionaría una reducción en las emisiones contaminantes y consumo de combustible.

En este trabajo se busca determinar las emisiones contaminantes entre estos dos sistemas de inyección indirecta monopunto y multipunto, esta última estará implementada con una ECU programable con inyección secuencial, además se pretende establecer el consumo de combustible que existe entre estos dos sistemas de inyección en una ruta periférica de Riobamba – Ambato.

Para el desarrollo del presente trabajo se aplicará conceptos relacionados con la gestión electrónica del motor de un vehículo, con el fin de describir el funcionamiento de cada uno de los sistemas y analizar como repercute cada uno de ellos, en las emisiones contaminantes y el consumo de combustible, mediante la obtención de datos en pruebas estáticas de emisiones contaminantes bajo un ente certificado con la norma NTE INEN 2203 entre los sistemas de inyección indirecta: monopunto y multipunto implementadas en un Vitara JX 2002.

La obtención de las emisiones de gases contaminantes mediante una prueba estática se desarrolló en el ente certificado CCICEV en la ciudad de Quito siguiendo los parámetros de la norma NTE INEN 2203 con el equipo analizador de gases MAHHA MGT5 tanto para el sistema de inyección monopunto y multipunto con una ECU programable, para la modificación de un sistema a otro fue necesario la implementación de varios sensores como CMP, CKP, TPS, etc. Además de la adaptación del sistema de admisión y la fabricación de un múltiple de admisión, donde se evaluó los resultados de las emisiones de gases de cada sistema con la finalidad de determinar si el vehículo adaptado con el sistema de inyección multipunto cumple con los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 2204 y genera menos gases contaminantes con respecto al sistema monopunto.

Finalmente, el análisis del consumo de combustible se llevó a cabo en una ruta periférica en específica Riobamba – Ambato, donde se tomó en cuenta que es una ruta de gran afluencia vehicular. La ruta cuenta de 74.5 km la cual esta destina a ser completada en 1 hora y 30 min teniendo en cuenta los límites de velocidad que existe en la ruta, que abordan de 30 a 90 [km/h], considerando que la velocidad ideal de circulación es de 50[km/h].

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Realizar un análisis comparativo de las emisiones de gases contaminantes entre un sistema de inyección monopunto y un sistema de inyección multipunto indirecta utilizando una ECU programable en un vehículo Suzuki Vitara JX mediante la obtención de datos de pruebas de emisiones de gases contaminantes realizadas en un centro certificado para determinar cuál de los sistemas de inyección presenta una menor emisión de gases contaminantes y un menor consumo de combustible.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Realizar un análisis de gases contaminantes del vehículo Suzuki Vitara JX con un sistema de inyección monopunto en un centro certificado de gases contaminantes con la norma NTE INEN 2203 mediante un análisis estático.
- Evaluar el consumo de combustible del vehículo con sistema de inyección monopunto en una ruta periférica.
- Implementar un sistema de inyección multipunto indirecta utilizando una ECU programable en un Suzuki Vitara JX.
- Realizar un análisis de gases contaminantes del vehículo Suzuki Vitara JX con un sistema de inyección multipunto indirecta con ECU programable en un centro certificado de gases contaminantes con la norma NTE INEN 2203 mediante un análisis estático.

- Evaluar el consumo de combustible del vehículo con sistema de inyección multipunto con ECU programable en una ruta periférica.
- Comparar los resultados de gases contaminantes y consumo de combustible de los dos sistemas de inyección a fin de establecer cuál de estos sistemas evaluados presenta menor contaminación y un menor consumo de combustible.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

El control de emisiones contaminantes producidas por los vehículos con motores de combustión interna cada vez tiene mayor importancia debido a las consecuencias que estas traen, como el calentamiento global, consumo de energía y deterioro en la salud humana, dando como resultado la implementación de normativas nacionales e internacionales que limitan las emisiones producidas por estos vehículos.

Debido a todas estas normativas los fabricantes de vehículos se encuentran constantemente desarrollando mejoras tecnológicas en todos los aspectos de sus vehículos, que tengan que ver con la expulsión de los gases después de la combustión, con la finalidad de cumplir estas normativas, de igual manera personas aficionadas a la automoción desarrollan modificaciones a los vehículos a fin de obtener mejores prestaciones en parámetros como el torque y la potencia de este.

Entre las principales modificaciones de vehículos se encuentra la modificación del sistema de alimentación que se ha venido realizando desde hace varios años atrás con la finalidad de obtener un incremento en torque y potencia del motor de combustión interna ya que estas modificaciones se enfocan principalmente en los vehículos con fines de competición, esto se encuentra reflejado en diferentes trabajos de pregrado, sin embargo, en lo referente a emisiones contaminantes producidas después de estas modificaciones la información es limitada.

Si bien existen trabajos enfocados en el análisis de gases contaminantes ya sean métodos que tienen que ver con la modificación de un parámetro en específico como la modificación de la compresión del vehículo mediante el cambio del empaque de cabezote (estándar y sobre medida) dando como resultados una disminución significativa en las emisiones, principalmente en los hidrocarburos (HC), los monóxidos de carbono (CO) y oxígeno (O<sub>2</sub>) (Rodríguez et al., 2018, pp. 6–7) o también entre varios vehículos del mismo modelo, año o cilindrada a fin de determinar cuál de estos en pruebas estáticas o dinámicas presentan una menor cantidad de emisiones, teniendo en cuenta las diferentes normativas que se rigen en el país para la obtención y control de las emisiones contaminantes, en cuanto al análisis comparativo de emisiones contaminantes entre dos sistemas de inyección indirecta implementadas en el mismo vehículo, mediante pruebas estáticas en base a la norma NTE INEN 2203 y la comprobación de que se encuentre entre los límites establecidos en la norma NTE INEN 2204 es nula, ya que como se mencionó al inicio cuando se hacen estas modificaciones lo importante son el aumento de torque y potencia y no las reducción de emisiones contaminantes.

El consumo de combustible está directamente relacionado con la emisión de gases contaminantes por ello se han realizado diferentes trabajos de evaluación de consumo de combustible ya sean estas basadas en mejoras tecnológicas (mejoras en el control electrónico, vehículos híbridos o eléctricos), uso de biocombustibles, reducción del peso del vehículo, mejoras aerodinámicas, etc. (Corcoba, 2014, pp. 74 – 75 ), además de la implementación de nuevas formas de ahorro de combustible en base al compartimiento del conductor conocidas como Eco-driving.

Por ende, las emisiones contaminantes y el consumo de combustible en vehículos de combustión interna representan un factor importante de estudio a fin de presentar soluciones o alternativas para su control y reducción.

## **2.2. Referencias teóricas.**

### **2.2.1. Computadoras programables**

En el mercado ecuatoriano en la actualidad se puede obtener con facilidad una gran variedad de computadoras programables, las cuales varían su costo de acuerdo con las prestaciones que estas pueden brindar, además, de la capacidad de velocidad para procesar información. Las más usadas hoy en día se tiene: MegaSquirt, Haltech, Racetec, AEM y Megaspash representadas en la ilustración 1-2. En el caso de la MegaSquirt son varios modelos que posee ya que son creadas con el fin educativo, razón por la cual presentan déficit en la capacidad de procesar información.

En la actualidad las computadoras que han tenido una gran acogida son los varios modelos que presenta FuelTech, debido a la capacidad de procesar información, además, de la facilidad de poder realizar ciertas modificaciones directamente hacia la ECU programable, es decir, no necesita el interfaz de comunicación con una computadora.

En la ilustración 1-2 se puede observar algunas computadoras programables utilizadas para el performance de vehículos, la utilización de cada una de ellas va de la mano de acuerdo con el uso que se dará al vehículo, de igual manera el costo de cada una de ellas varía de acuerdo con sus prestaciones y capacidad.



**Ilustración 1-2:** Computadoras programables

**Fuente:** (Sanchez,2020)

### 2.2.1.1. Computadora Fultech FT 450

La marca FuelTech es una de las más reconocidas dentro del campo automotriz debido a las grandes prestaciones que brindan sus varios modelos de computadoras programables que disponen. La más encontrada con facilidad en el mercado ecuatoriano es el modelo FT450. Estas computadoras tienen la capacidad de controlar motores de ciclo otto y wankel, además, permite modificar la inyección de un vehículo en inyección secuencial, semi-secuencial y simultánea, también permite el control de bucle cerrado con una sonda lambda de banda ancha o de banda estrecha. Como se puede observar en la ilustración 2-2, esta computadora posee un armazón de plástico, el cual posee un nivel de resistencia al agua.



**Ilustración 2-2** FuelTech FT450

**Fuente:** (FuelTech)

En la tabla 1-2 se presenta algunas de las características más relevantes que posee la computadora FT450, cabe destacar, que esta computadora posee una velocidad de procesamiento de 200 Hz lo cual ayuda a obtener un mejor rendimiento del motor de combustión interna.

**Tabla 1-2:** Características y propiedades de la ECU FT450

<b>CARACTERISTICAS – FT450</b>	
Capacidad de canales	256
Plataforma	PowerFT
Tipo de conector	Automotor de 26 pines (7 entradas – 10 salidas)
Tipo de pantalla	Color de 4.3 in
<b>PROPIEDADES</b>	
Control de motores ciclo otto (Cilindros)	8
Control de inyección	Secuencial y semi secuencial
Control de ignición	Rueda fónica o distribuidor
Circuito de bucle cerrado	Sonda lambda de banda larga

**Fuente:** FuelTech. (manual de usuario)

**Realizado por:** Altamirano, B. & Guevara, A., 2022

### **2.2.2. Partes del sistema admisión**

El sistema de admisión del vehículo permite que ingrese aire limpio en la cámara de combustión, dependiendo del régimen del motor a una velocidad y temperatura requerida, tal es su importancia que es uno de los sistemas que se encuentra en evolución constante para generar mejores prestaciones energéticas de la combustión y a su vez aportar al cumplimiento del límite de emisiones contaminantes de las diferentes normativas.

#### **2.2.2.1. Múltiple de admisión**

El múltiple de admisión o también conocido como colector de admisión es el conducto por el cual el flujo de masa de aire se distribuye en los cilindros (Carbot, 2020, p. 35), su geometría es de gran importancia ya que tiene influencia directa en la eficiencia volumétrica y en flujo de masa de aire que entra en los cilindros repercutiendo en el consumo de combustible y emisiones contaminantes. En la ilustración 3-2, se puede observar un múltiple de admisión fabricado bajo medida para la modificación del sistema de inyección de un vehículo.



**Ilustración 3-2:** Múltiple de admisión

**Fuente:** (Stridertgi, 2009)

#### 2.2.2.2. *Cuerpo de aceleración*

El cuerpo de aceleración ha sido utilizado activamente en la industria del transporte durante varias décadas para reemplazar los carburadores obsoletos (Banis, 2020, p. 1). Es el elemento encargado de controlar la entrada de aire hacia el motor en los distintos regímenes de velocidad, esto lo logra mediante la aleta que se encuentra en su interior, la cual se mueve cuando el conductor pisa o suelta el pedal del acelerador, en la ilustración 4-2 se observa una aleta de aceleración mecánica la misma que se ubica en el extremo del múltiple de admisión.



**Ilustración 4-2:** Cuerpo de aceleración

**Fuente:** (Cuatro fierros, 2019)

#### 2.2.2.3. *Filtro de aire*

La función del filtro de aire es la de depurar las impurezas no deseadas del aire que ingresan en el múltiple de admisión, debido a que si estas partículas o impurezas entran en la cámara de combustión pueden causar desgaste prematuro o ensuciar los sensores del sistema de admisión, además, que este filtro debe producir pérdidas mínimas del flujo de aire hacia el colector de admisión (Synák et al., 2020: p. 1).



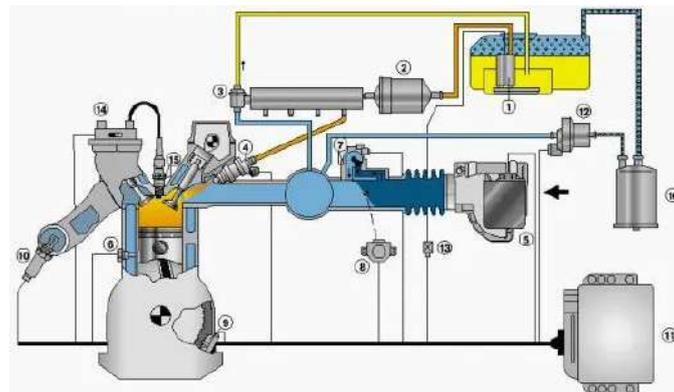
**Ilustración 5-2:** Variedad de filtros de aire

**Fuente:** (Guillermo, 2011)

En la ilustración 5-2 se observa un modelo de filtro de aire, de la gran cantidad de modelos y tamaños que se puede encontrar en el mercado, los filtros utilizados para motores de combustión interna usualmente son fabricados en base de fibra de papel, espuma o algodón.

### 2.2.3. Sistema de inyección electrónica

Los sistemas de inyección de un vehículo incorporan elementos tanto eléctricos como electrónicos situados en diferentes partes del motor, este sistema está conformado por: sensores, actuadores y la unidad de control (ECU); dicho sistema depende de la información que recibe de los sensores que informan del estado del motor a la ECU, la cual procesa esta información y da las órdenes a los actuadores para que realicen una función en específico (Sandovalin-Malitaxi et al. 2022, p. 355) o, principalmente para determinar cuánto combustible se debe inyectar.



- |   |                       |    |                                |
|---|-----------------------|----|--------------------------------|
| 1 | Bomba de combustible  | 9  | Sensor CKP                     |
| 2 | Filtro de combustible | 10 | Sensor de oxígeno              |
| 3 | Regulador de presión  | 11 | ECU                            |
| 4 | Inyector              | 12 | Válvula de desfogue del tanque |
| 5 | Sensor MAF            | 13 | Relé/Bomba                     |
| 6 | Sensor ECT            | 14 | Bobina de ignición             |
| 7 | Válvula IAC           | 15 | Bujía                          |
| 8 | Sensor TPS            | 16 | Canister                       |

**Ilustración 6-2:** Sensores y actuadores del sistema de inyección electrónica

Fuente: (Mecánica automotriz, 2013)

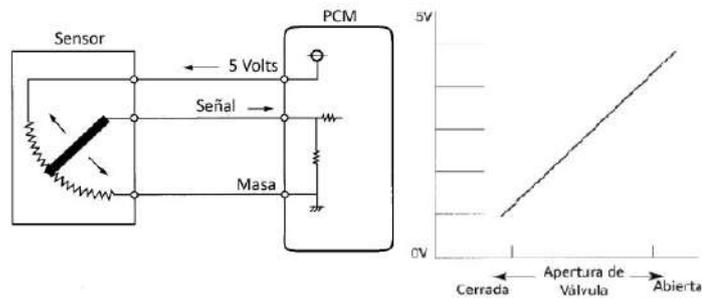
En la ilustración 6-2 se puede observar un esquema de los principales sensores y actuadores, los cuales son monitoreados por la ECU del vehículo. Uno de los principales sensores para el funcionamiento del sistema de inyección electrónica es el sensor CKP, el cual testea el giro del cigüeñal del motor.

#### 2.2.3.1. Sensores del sistema de inyección electrónica

Los diferentes sistemas de inyección electrónica cuentan un conjunto de sensores que realizan la actividad de detectar magnitudes físicas como temperatura, presión, humedad, etc., para posteriormente transformarlas en magnitudes eléctricas. Las señales obtenidas por los sensores son gestionadas por la unidad de control electrónico (ECU) que se encargará de la adquisición y análisis de estas para controlar los actuadores relevantes (Kovalov y Plys, 2022: p. 97).

### 2.2.3.1.1. Sensor TPS

El sensor de la posición del acelerador (TPS) tiene la finalidad de medir la posición de la mariposa de aceleración la cual controla el flujo de aire que va a entrar al motor y en base a ello la ECU controlará la inyección del combustible, este sensor consiste en un potenciómetro (resistor variable); en caso de que el vehículo se encuentre en ralentí, la mariposa de aceleración se encuentra cerrada y por lo cual el sensor TPS medirá un ángulo  $0^\circ$ , mientras que si el ángulo medido por el TPS es de  $100^\circ$  indicara que la mariposa de aceleración se encuentra completamente abierta por ende el vehículo estará en su aceleración máxima, la relación del ángulo medido por el TPS y el voltaje de la señal que es enviado a la ECU se representa en la ilustración 7-2.

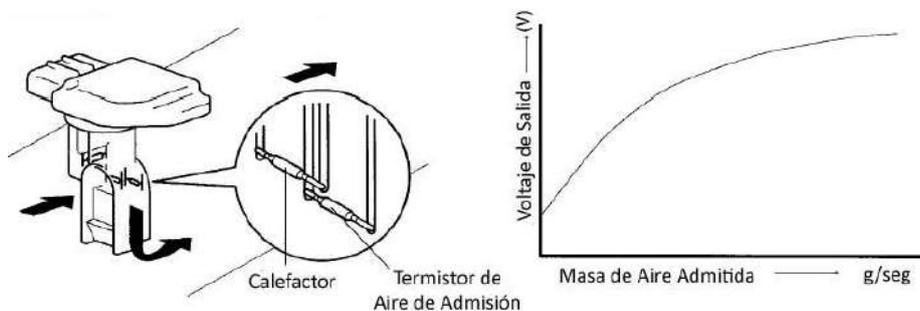


**Ilustración 7-2:** Configuración y funcionamiento del sensor TPS

Fuente: (Booster, 2015)

### 2.2.3.1.2. Sensor MAF

El sensor MAF o también conocido como sensor de flujo de aire, es el encargado de monitorear la cantidad de masa de aire que ingresa hacia motor. La configuración de este sensor varía de acuerdo con el fabricante, el sensor más usual es conocido como sensor de hilo caliente, el cual su funcionamiento se basa en mantener el alambre del sensor en una alta temperatura de manera constante y de acuerdo con el flujo de aire que ingresa al motor este trata de enfriarse, con la ayuda de la gestión electrónica del sensor, se logra determinar la cantidad de aire que ingresa al motor. En algunos casos se encuentra sensores MAF incorporados con un sensor de temperatura de aire.



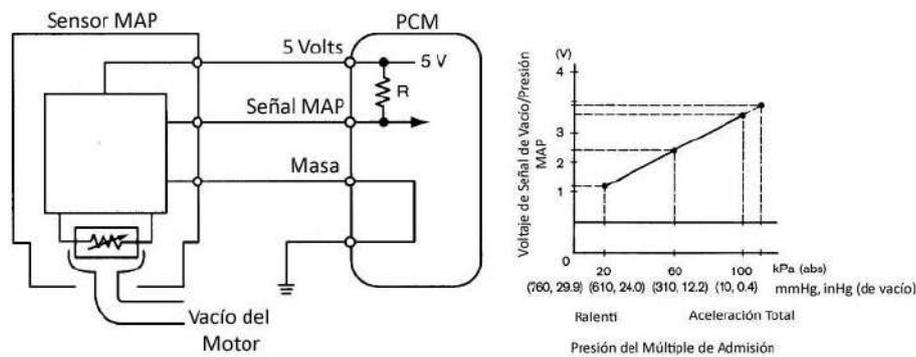
**Ilustración 8-2:** Funcionamiento del sensor de flujo de aire

Fuente: (Mora, 2014)

En la ilustración 8-2 se observa el calefactor y el termistor de aire el cual de acuerdo con el flujo de aire que pasa por este, monitorea y es enviado hacia la ECU del vehículo, la curva de voltaje vs masa de aire admitida describe como se incrementa el flujo de aire conforme se abre la aleta del cuerpo de aceleración.

### 2.2.3.1.3. Sensor MAP

El sensor MAP (Manifold Absolute Pressure) o en español sensor de presión absoluta del múltiple es un medio para medir la presión en el colector de admisión (Wijaya et al., 2021, p. 3) al ser un dispositivo electrónico con un elemento piezoeléctrico que varía su resistencia eléctrica en base a la presión de vacío de aire que existe en el múltiple de admisión, de esta manera el sensor envía una señal a la ECU en valores de voltaje de 0.2 V – 0.4 V hasta 4.8 V – 5.0 V, permitiendo que con esta información la computadora controle la combustión y la inyección de combustible en las diferentes condiciones de altitud y carga del motor.



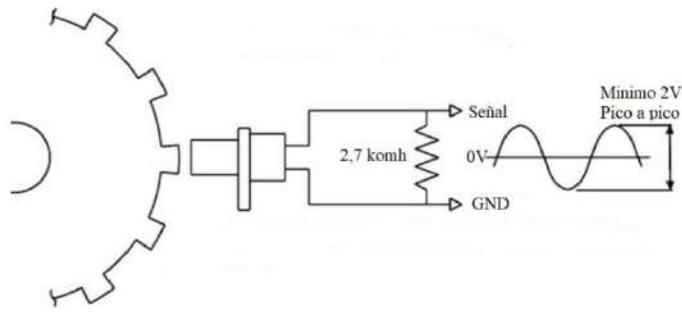
**Ilustración 9-2:** Configuración y funcionamiento del sensor MAP

**Fuente:** (EHT Motor's, 2012)

Como se observa en la ilustración 9-2, detalla la conexión del sensor MAP, el cual posee tres pines de conexión. El primero es la alimentación de 5V desde la ECU del vehículo, el segundo emite la señal y el tercero es una conexión a masa enviada por la ECU. El orden de conexión puede variar de acuerdo con el fabricante.

### 2.2.3.1.4. Sensor CKP

El sensor de posición del cigüeñal (CKP – Crankshaft Position Sensor en inglés) es un sensor utilizado determinar la posición y la velocidad de giro del cigüeñal del motor de combustión (Sutiman et al., 2020, p. 6) lo cual es informado a la ECU y así poder generar la señal de chispa y la sincronización de secuencial de los inyectores para el pulso de inyección teniendo en cuenta la posición de los pistones, principalmente esta señal facilita el encendido del motor y a medida que se acelere o aumente el giro del cigüeñal el régimen de la señal va variando.



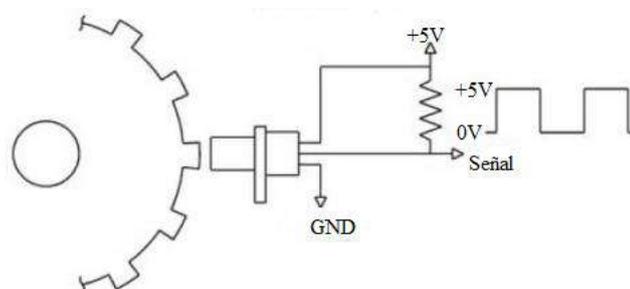
**Ilustración 10-2:** Sensor CKP inductivo

**Fuente:** (Ingeniería y mecánica, 2020)

En la ilustración 10-2 se observa los dos pines de conexión de un sensor del tipo inductivo, el primer pin es una conexión hacia GND generada por la ECU y el otro emite la señal hacia la ECU. En algunos casos poseen tres pines, donde el tercero es un blindaje, esto ayuda para evitar las corrientes parasitas al momento de transmitir su señal. Este tipo de sensor se caracteriza por no poseer alimentación de corriente para su funcionamiento generar la señal, ya que por la presencia de un imán permanente y la rueda fónica este genera un campo magnético emitiendo así una señal de corriente alterna, la misma que tiene un voltaje mínimo de 2V de pico a pico.

#### 2.2.3.1.5. Sensor CMP

El sensor de posición del árbol de levas (CMP – Camshaft Position Sensor en inglés) identifica la posición exacta del árbol de levas del motor, permitiendo determinar exactamente la posición del primer pistón y junto al CKP proporcionan una señal combinada a la ECU para que esta pueda identificar el PMS (Punto Muerto Superior) del primer cilindro y así la ECU pueda sincronizar el instante preciso para la activación y secuencia de los inyectores (Sarmiento et al., 2021: p. 56) todo esto lo logra debido a la presencia de una rueda dentada que se encuentra en uno de los extremos del árbol de levas, dado que el CMP se encuentra ubicado cerca de esta lee cada ranura o diente originando así la señal que enviara a la ECU, hoy en día este tipo de sensores son de efecto hall y trabaja de manera similar como lo muestra la ilustración 11-2.

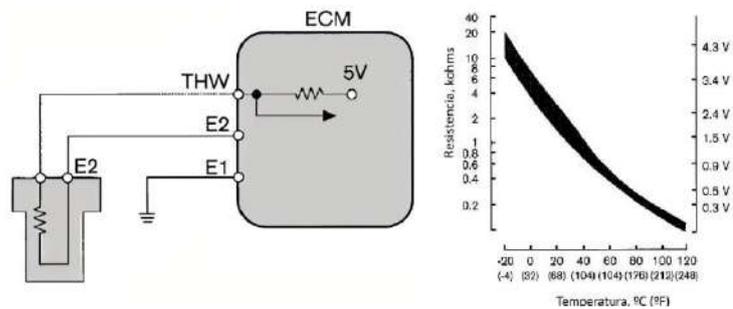


**Ilustración 11-2:** Sensor CMP de efecto hall

**Fuente:** (Ingeniería y mecánica, 2020)

### 2.2.3.1.6. Sensor ECT

Sensor de temperatura del refrigerante del motor, “Engine Colant Temperature”. Este sensor del tipo NTC se caracteriza, por variar su resistencia a medida que se incrementa la temperatura del refrigerante del motor. A mayor temperatura la resistencia del sensor disminuye. Como se puede observar en la ilustración 12-2, atreves de uno de sus pines recibe una señal de referencia de 5V, con la ayuda del divisor de tensión y la capacidad de variar su resistencia conforme se incrementa la temperatura del refrigerante, la computadora testea estos datos, con el fin de realizar modificación en el tiempo de apertura de los inyectores, de esta manera cuando la computadora determina una baja temperatura en el refrigerante del motor o un arranque en frio se modifica la cantidad de combustible a inyectar hasta alcanzar la temperatura ideal de funcionamiento del motor (Sugiarto et al., 2017: p. 2).

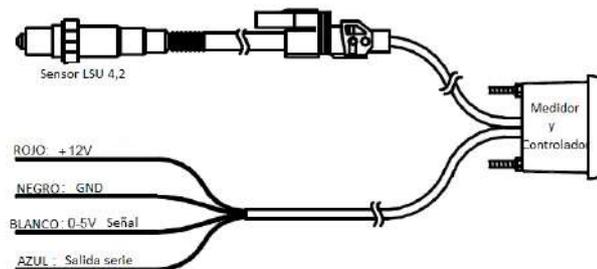


**Ilustración 12-2:** Sensor ECT

Fuente: (Sugiarto et al., 2017)

### 2.2.3.1.7. Sensor Wideband O2

El sensor de oxígeno de banda ancha se encarga de monitorear los gases de escape del motor de combustión interna. Este emite de manera exacta la cantidad de aire/combustible que está ingresando al motor, así se logra obtener una mayor eficiencia durante el funcionamiento del motor. Con la ayuda de este sensor la ECU se encarga que el motor trabaje dentro de un rango estequiométrico, es decir, en una relación de aire/combustible ideal de 14.7:1 o un valor lambda de 1.



**Ilustración 13-2:** Conexión del sensor LSU 4.2

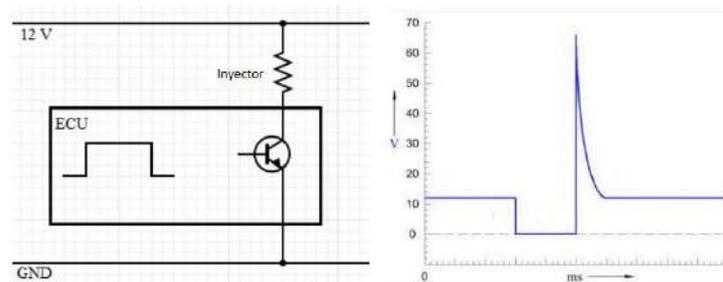
Fuente: (Perez,2012)

### 2.2.3.2. Actuadores del sistema de inyección electrónica

Los actuadores son elementos electromecánicos que son comandados por la unidad de control mediante el procesamiento de los datos digitales y analógicos obtenidos de los sensores donde esta información determina su activación en base a los parámetros de funcionamiento del motor (Trujillo et al., 2020: p. 5).

#### 2.2.3.2.1. Inyectores de alta impedancia

Un inyector de combustible es una válvula solenoide controlada electrónicamente por la ECU, en el caso de los inyectores de alta impedancia tienen una resistencia de 10 -18  $\Omega$ , además son los más comunes en los motores modernos con inyección de combustible (Mihaylov et al., 2021: pp. 1-2).



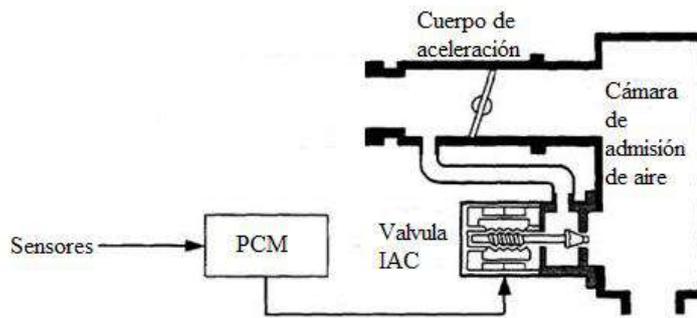
**Ilustración 14-2:** Diagrama y oscilograma de un inyector de inyección indirecta

**Fuente:** (Mihaylov et al., 2021)

En un sistema de inyección indirecta los inyectores poseen dos pines de conexión, como se observa en la ilustración 14-2, uno de ellos tendrá una alimentación de 12V o voltaje de batería y el otro se encuentra conectado hacia la ECU del vehículo, por el cual la computadora emite un pulso negativo para que se genere la excitación del bobinado que se encuentra dentro del inyector, esto desencadena la apertura del inyector. Con el oscilograma de su funcionamiento se puede determinar el tiempo de apertura del inyector en milisegundos.

#### 2.2.3.2.2. Válvula IAC

La válvula de control de aire en ralentí (IAC – Idle Air Control en inglés) es un elemento electromecánico utilizado en los motores con acelerador mecánico para controlar su ralentí, en donde la ECU controla velocidad del motor ajustando el flujo de aire que entra a los cilindros a través del puerto bypass como se observa en la ilustración 15-2, cuando la mariposa de aceleración se encuentra cerrada (Banarezai y Shalchian, 2019: p. 3), en donde la válvula IAC bloquea o expone el paso bypass. De acuerdo con el fabricante del vehículo las válvulas IAC son controladas mediante PWM o a su vez en modelos anteriores poseen motores paso a paso.



**Ilustración 15-2:** Válvula IAC Tipo Motor de Pasos

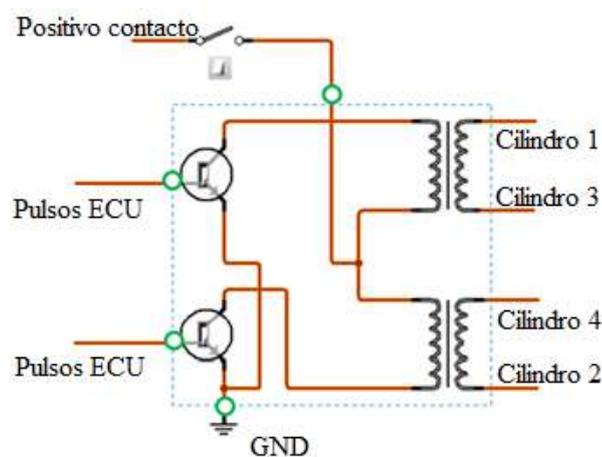
**Fuente:** (Valladares C., 2018)

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la ilustración 15-2 se observa que la mariposa de aceleración se encuentra cerrada por ende mediante el bypass que se encuentra antes de esta, el aire entra aspirado entra al múltiple de admisión en donde la válvula IAC que es con motor paso a paso controlado por PWM para abrir o cerrar el bypass controlará el paso del aire a fin de mantener un ralentí estable.

#### 2.2.3.2.3. Bobinas de encendido DIS con transistor incorporado

Las bobinas de encendido tienen la capacidad de transformar el voltaje de entrada de 12 V a uno de salida superior a los 20 kV, esto se debe a la autoinducción, es decir, se crea un campo magnético en el bobinado primario cuando este recibe la alimentación de 12 V de la batería, este bobinado está conectado a otro bobinado, que se lo denomina bobinado secundario el mismo que se encarga de transformar el voltaje de entrada en un voltaje de salida superior a los 20 kV, cuando el suministro de energía en el bobinado primario se interrumpe (Portilla, 2019, pp. 17–18), este es el principio básico de funcionamiento de todas las bobinas de encendido presentes en el campo automotriz.



**Ilustración 16-2:** Estructura interna de una bobina doble de chispa perdida con transistor incorporado

**Fuente:** (Jiménez J, 2012)

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Las bobinas de encendido DIS con transistor incorporado tienen el mismo comportamiento que cualquier otra bobina, que consiste en transformar el voltaje de entrada a un voltaje de salida superior, lo que la diferencia de otras es que esta cuenta con transistores de potencia integrados en la bobina.

En la ilustración 16-2 se observa el diagrama interno de las bobinas DIS con transistor incorporado, de la cual sale 4 cables del conector hacia la PCM los cuales son para alimentación, masa y dos líneas para los respectivos pulsos (PWM) para cada transistor.

Lo particular de este tipo de bobinas es que se dificulta diagnosticar el primario de encendido y para su activación y desactivación el primario se conecta a masa o no mediante un transistor, dicho transistor es controlado por su base mediante una señal de PWM proveniente de la PCM.

#### *2.2.3.2.4. Bomba de combustible*

La bomba de combustible es la encargada de suministrar de manera constante combustible desde el tanque hacia el riel de inyectores a fin de que los inyectores reciban un flujo constante de combustible, estas bombas son generalmente colocadas dentro del depósito de combustible y cuentan con una presión de 2 a 4 bares.

### **CAPÍTULO III**

Este capítulo presenta el desarrollo del análisis comparativo de las emisiones de gases contaminantes entre los dos sistemas de inyección indirecta en un vehículo, las cuales son monopunto y multipunto donde esta última cuenta con una ECU programable, además de la evaluación del consumo de combustible entre estos dos sistemas.

#### **3. MARCO METODOLÓGICO**

El desarrollo del análisis comparativo de las emisiones de gases contaminantes entre los dos sistemas de inyección indirecta en un vehículo, las cuales son monopunto y multipunto donde esta última cuenta con una ECU programable, además de la evaluación del consumo de combustible entre estos dos sistemas.

Las pruebas realizadas para la determinación de los gases de escape fueron hechas en base a la norma NTE INEN 2203 para los dos sistemas de inyección en el CCICEV, centro certificado en el control de emisión de gases contaminantes, mientras que para el consumo de combustible se realizó tres pruebas para cada sistema en la ruta Riobamba – Ambato la cual cuenta con 74.5 km de distancia.

##### **3.1. Enfoque de la investigación**

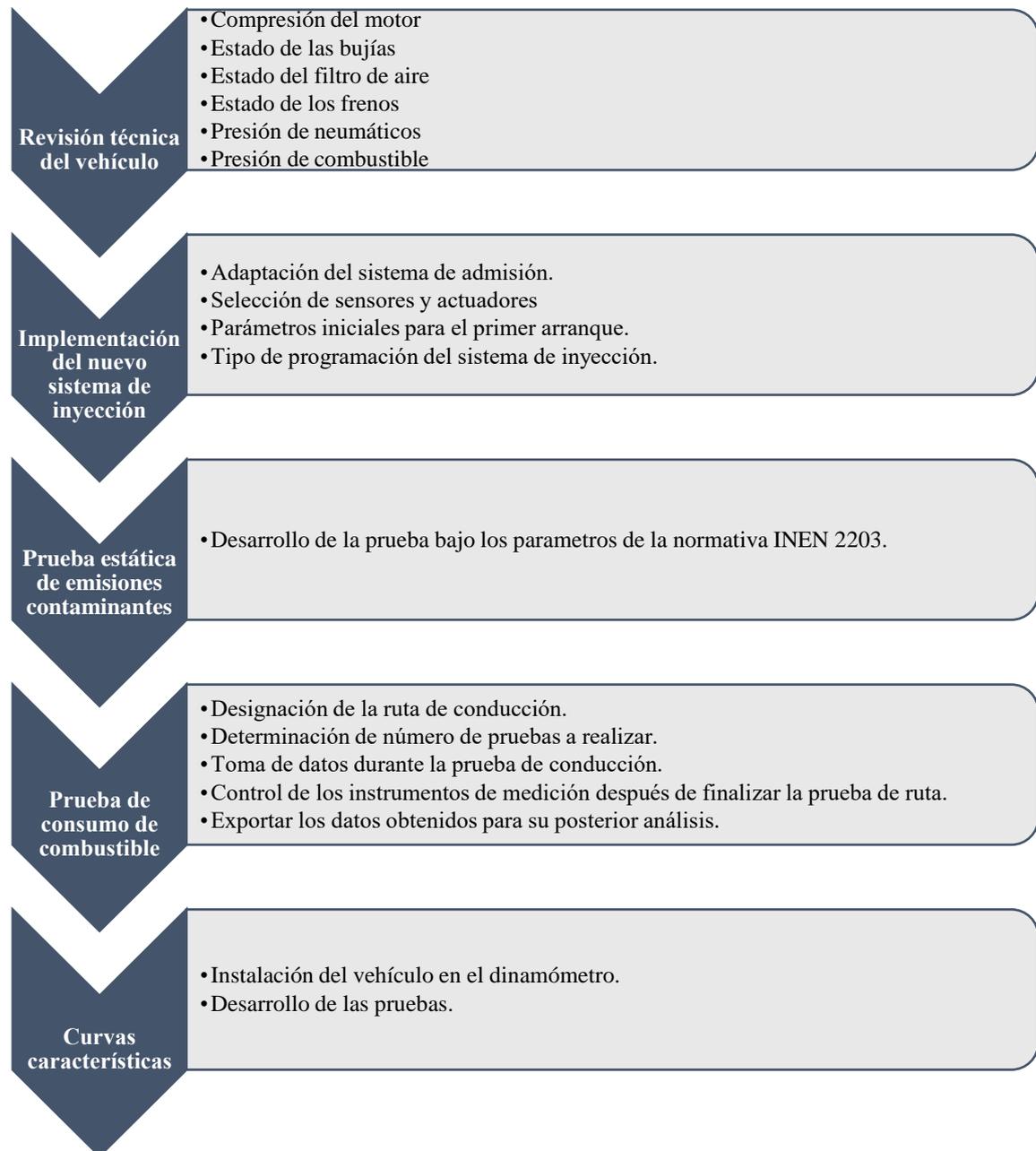
El enfoque de la investigación es cuantitativo dado que se enfoca en privilegiar la lógica empírica-deductiva de las variables a medir como las emisiones de gases contaminantes, el consumo de combustible, el torque y potencia máximos del vehículo de prueba con los dos sistemas de inyección indirecta planteados, a partir de métodos experimentales y la implementación de técnicas de recolección de datos.

##### **3.2. Tipo de investigación**

El presente trabajo se ha desarrollado con una metodología investigativa y explicativa en base de la aplicación del método experimental donde se plantea el análisis de gases contaminantes en un vehículo Vitara JX del 2002 siguiendo la norma NTE INEN 2203, que corresponde a una prueba estática de emisiones contaminantes donde se somete a la misma prueba los dos sistemas de inyección; inyección monopunto que es el sistema de fabrica del vehículo y la posterior adaptación del sistema de inyección indirecta multipunto con una ECU programable que permite modificar los mapas de inyección.

Además, se implementó un método experimental para determinar el consumo de combustible entre los dos sistemas de inyección propuestos en una ruta específica entre Riobamba – Ambato, en este caso con el combustible más utilizado por el transporte público, gasolina EXTRA, debido a la relación de compresión con la que trabaja el MCI ya que al ser una relación 8.9:1 no es

necesario un combustible de alto nivel de octanaje. Para el desarrollo de las pruebas el conductor fue el mismo, el cual mantenía una velocidad entre 30 a 90 [km/h], considerando que la velocidad ideal de circulación fue de 50 [km/h].



**Ilustración 1-3:** Metodología desarrollada para el trabajo de titulación

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

La ilustración 1-3 representa la metodología que empleada para el presente trabajo de titulación, la cual consta de 4 partes, la primera parte trata de una revisión técnica del vehículo a fin de revisar el funcionamiento óptimo de todos los elementos que intervienen en las emisiones de gases contaminantes y en el consumo de combustible a fin de que los datos obtenidos no se vean

afectados por estos elementos, el segundo apartado corresponde a la implementación del nuevo sistema de inyección para su posterior comparación con el sistema de inyección multipunto en todos los parámetros de evaluación ya mencionados, posteriormente, la tercera parte que es la prueba de emisiones de gases contaminantes como el CO, NOx y HC en base a la norma NTE INEN 2203 para los dos sistemas de inyección planteados, la cuarta parte tiene que ver con el consumo de combustible para los dos sistemas de inyección en donde se define la ruta para determinar el consumo de combustible, definir las pruebas necesarias para validar los resultados obtenidos y la obtención de los datos de velocidad, distancia y tiempo para su posterior interpretación, a continuación se tiene la cuarta parte que corresponde a la obtención de las curvas características de los dos sistemas de inyección en un dinamómetro, finalmente todos los datos obtenidos serán exportados a archivos de Excel para realizar su análisis correspondiente.

### 3.3. Vehículo de prueba



**Ilustración 2-3:** Vehículo de prueba utilizado para el trabajo de titulación

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Tanto las pruebas y la modificación se realizaron en un vehículo tipo todoterreno de la marca Chevrolet, modelo Vitara JX del año 2002 representado en la ilustración 2-3, mientras que en la tabla 1-3 se presentan las características de este de acuerdo con el manual del fabricante:

**Tabla 1-3:** Características técnicas Vitara 1.6lt 8V

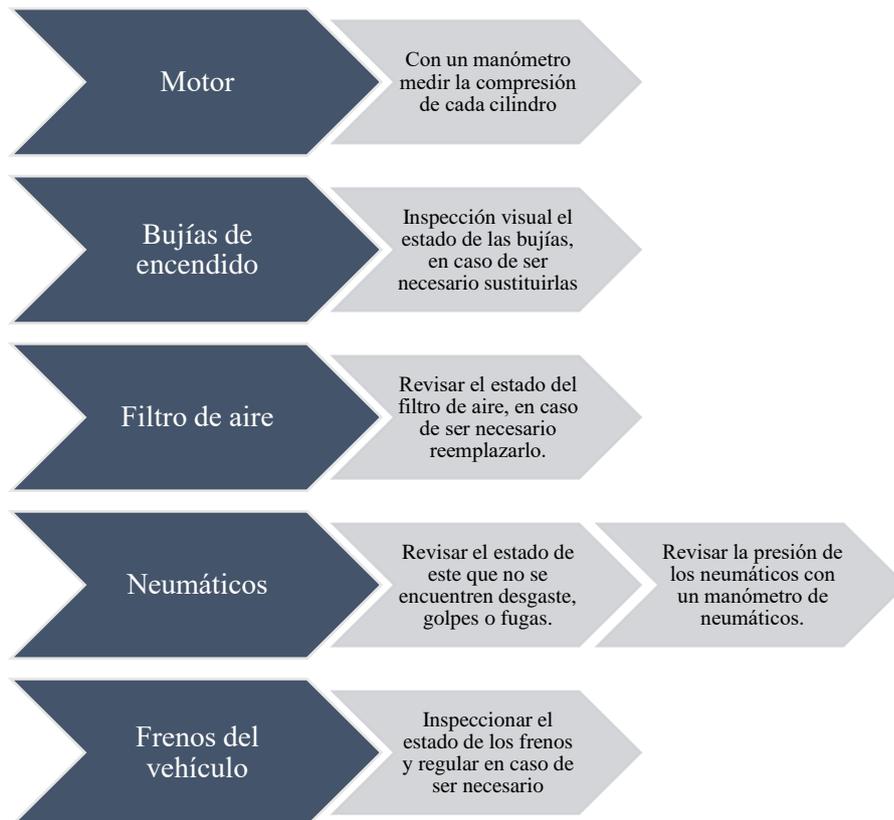
Vitara JX inyección monopunto	
Tipo de motor	G16A
Relación de compresión	8.9/1
Cilindrada	1590
Distribución	2 válvulas por cilindro (8v)
Carrera	90mm
Potencia máxima	78.9 Hp a 5400 [rpm]
Par máximo	132Nm a 3000 [rpm]
Combustible	Gasolina
Peso	1135 kg
Deposito	42 litros

Fuente: (Santana y Suzuki Vitara, 1994)

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

### 3.4. Revisión técnica del vehículo

Para este apartado se realizó un mantenimiento preventivo al vehículo de estudio con el fin de evitar alteraciones y errores en la toma de datos durante las pruebas de consumo de combustible en una ruta específica y en las pruebas de emisiones de gases contaminantes en el CCICEV.



**Ilustración 3-3:** Parámetros de revisión del vehículo de prueba

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la ilustración 3-3 se presentan los elementos del vehículo de prueba que fueron inspeccionados y cuáles fueron los puntos centrales de la inspección, así como las herramientas

utilizadas y las acciones a tomar en caso de que los elementos revisados no se encuentren en óptimas condiciones para el desarrollo de las pruebas planteadas.

### 3.5. Implementación del nuevo sistema de inyección

Se presentan los parámetros de selección de los elementos que integraron el nuevo sistema de inyección indirecta multipunto la cual cuenta con una ECU programable, para la selección e implementación de los componentes se basó en el espacio disponible en el compartimiento del motor del vehículo, poder adquisitivo y disponibilidad en el mercado automotriz del país, así como su adaptabilidad con la computadora programable a seleccionar.

**Tabla 2-3:** Componentes del sistema de inyección indirecta multipunto

Elementos	Sensores	Actuadores
ECU programable	CKP	Bobina doble de encendido
Múltiple de admisión	CMP	
Cuerpo de aceleración	TPS	Inyectores
Riel de inyectores	MAP	
Rueda fónica		
Filtro de combustible		

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la tabla 2-3 se representa todos los componentes necesarios que se seleccionaron para la implementación del sistema de inyección indirecta multipunto como son los diferentes sensores y actuadores indispensables para programación de la ECU programable, además de otros elementos que fueron indispensables para adaptar la configuración del sistema de inyección multipunto como son el múltiple de admisión, riel de inyectores, mangueras de admisión de aire, ruedas fónicas para los sensores, etc.

#### 3.5.1. ECU programable

Para la selección de la computadora programable se tuvo en cuenta las existentes en el mercado automotriz del país, su selección se basó en su factor económico, disponibilidad y su resistencia.

**Tabla 3-3:** Comparativa de ECUs programables

Características	Megasquirt 3	Haltech 750	FuelTech 450
Resistencia	Carcasa de aluminio de alta calidad con clasificación IP65	Caja robusta, sellada ambientalmente, impermeable	Caja de plástico resistente al agua
Disponibilidad en el mercado ecuatoriano	Media	Baja	Alta
Gama	Tradicional	Alta	Alta
Costo	\$850	\$1400	\$998

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Dentro del mercado automotriz como se puede observar en la tabla 3-3, existe una gran variedad de computadoras programables la mayor parte de ellas ocupadas para vehículo de competencia, estas computadoras brindan capacidades con las cuales se puede extraer la mayor eficiencia de un motor de combustión interna ya sea atmosférico u sobrealimentado.

### **3.5.2. Sistema de admisión**

La selección de los elementos del sistema de admisión para el nuevo sistema de inyección fueron el cuerpo de aceleración, múltiple de admisión y la manguera de admisión de aire.

#### **3.5.2.1. Cuerpo de aceleración**

La selección del cuerpo de aceleración se basó en la disponibilidad en el mercado, su fácil adquisición y que represente bajo costo, además que contenga integrado el sensor TPS y la válvula IAC.

#### **3.5.2.2. Múltiple de admisión**

La propuesta de construcción del múltiple de admisión para el nuevo sistema de inyección se desarrolló en base a las necesidades de satisfacer el correcto flujo de aire hacia la cámara de combustión. Para ello se tomó como referencia diseños existentes, que permitieron establecer un diseño adaptado a los requerimientos de funcionamiento y limitación de dimensiones del vehículo de prueba.

Los criterios planteados con los que debía contar el múltiple de admisión son los siguientes:

- Precio accesible
- Operación sencilla
- Acople simple
- Fácil y bajo costo de mantenimiento
- Peso para un múltiple de admisión eficaz
- Alta resistencia mecánica.
- Resistencia a bajas y altas temperaturas.

La ilustración 4-3 representa el esquema que se siguió para la fabricación del actual múltiple de admisión, el primer apartado del esquema es la obtención de medidas tales como las del espacio disponible para la instalación del múltiple de admisión, en el apartado de diseño una vez se obtuvieron las medidas se procedió a diseñar el múltiple actual en SolidWorks, en cuanto a la selección del material se basó en que sea un material de bajo costo, fácil mantenimiento y lo fundamental que posea una resistencia a bajas y altas temperaturas a las que será sometido, en cuanto a su construcción una vez obtenido el diseño final con todas sus medidas y el tipo de material a utilizar se ejecutó la construcción de este y finalmente se realizó la comprobación de

hermeticidad del múltiple de admisión entre el cuerpo de aceleración y la base de la admisión que se encuentra fijada en la culata del motor, para evitar fugas del flujo de aire.



**Ilustración 4-3:** Esquema del proceso de fabricación del múltiple de admisión para el sistema de inyección indirecta multipunto

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

### 3.5.2.3. Mangueras de admisión de aire

La selección de la manguera de admisión se la realizo de ultimo debido a la necesidad de que esta pueda adaptarse a la nueva geometría que se generó después de la instalación del múltiple de admisión actual, además de que esta sea de bajo costo y de fácil adquisición.

### 3.5.3. Elementos externos al sistema de admisión

Los elementos externos al sistema de admisión que se seleccionaron tenemos: riel de inyectores en donde se ubicaron los nuevos inyectores, la rueda fónica tanto para el sensor CKP y CMP que permite a los mismos leer las ranuras de las ruedas dentadas para informar la ubicación del cigüeñal y del árbol de levas para posteriormente programar la computadora.

#### 3.5.3.1. Riel de inyectores

Para la selección del riel de inyectores para realizar la modificación se tomó en consideración las distancias a las cuales se encuentran las entradas hacia la cámara de combustión de un cilindro a otro, buscando así dentro del mercado automotriz similitudes, en los modelos Chevrolet como: Corsa Wind, Corsa Evolution, Astra y Aveo.

#### 3.5.3.2. Rueda fónica

Para la selección y fabricación de las ruedas dentadas encargadas de generar la señal de monitoreo hacia la ECU, se tomó las siguientes consideraciones:

**Tabla 4-3:** Rueda fónica para los sensores CKP y CMP

<b>Rueda fónica</b>	<b>Consideraciones para la selección</b>
CKP	Para la selección de la rueda fónica para el sensor de posición del cigüeñal se basó en el diámetro exterior de la polea de accesorios acoplada al cigüeñal del vehículo.
CMP	Se realizó el diseño y fabricación de dientes de acuerdo con el diámetro interior de la polea del árbol de levas del vehículo.

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la tabla 4-3 se presenta de manera resumida las consideraciones planteadas para las ruedas fónicas de los sensores CKP y CMP, ya que sin estas los sensores no podrán ubicar la posición del cigüeñal y del árbol de levas respectivamente que son fundamentales para la programación de ECU y para que el motor encienda.

#### **3.5.4. Sistema de inyección electrónica**

En la selección de los elementos del sistema de inyección tanto sensores como actuadores se tomó en cuenta su fácil adquisición, disponibilidad en el mercado y el costo.

##### **3.5.4.1. Selección de los sensores**

La selección de sensores que se utilizaron para la modificación se basó en las prestaciones que brinda la ECU y a la facilidad de encontrar estos dentro del mercado ecuatoriano.

**Tabla 5-3:** Condiciones de selección para los sensores que integran el sistema de inyección indirecta multipunto

<b>Sensores</b>	<b>Consideraciones de selección</b>
CKP	La selección del sensor CKP y CMP se basó teniendo en cuenta que la computadora seleccionada cuenta con dos entradas, una para un sensor inductivo y otro para uno de efecto hall, por ende, en la selección de los sensores uno de estos es de efecto hall y el otro inductivo.
CMP	
TPS	La selección del sensor TPS está regido por la del cuerpo de aceleración seleccionado, ya que este se encuentra incluido dentro del cuerpo de aceleración.
ECT	Al ser una ECU programable, posee la capacidad universal de lectura de sensores, se ocupó los mismos del sistema de inyección monopunto.
IAT	
MAP	En la ECU programable ya seleccionada cuenta con el sensor MAP integrado.

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

La tabla 3-5 resume las consideraciones de selección que se siguió para la selección de los principales sensores que fueron implementados para la adaptación del sistema de inyección indirecta multipunto los cuales fueron instalados en los lugares adecuados para leer los parámetros para los que fueron diseñados, además de que estos sirven de información para la programación de la ECU.

#### 3.5.4.2. Selección de los actuadores

Para la selección de actuadores se tomó en cuenta la similitud que presentan los motores de los vehículos de la marca Chevrolet durante el año de fabricación del auto de estudio.

**Tabla 6-3:** Condiciones de selección para los actuadores que integran el sistema de inyección indirecta multipunto

Actuadores	Parámetros de selección
Bobina de encendido	Debido al factor económico se eligió una bobina doble de chispa perdida, además, que esta presenta una mayor durabilidad en el tiempo de trabajo.
Inyectores	<p>Para la selección de los inyectores se estima una potencia de 60 Hp, para lo cual se ocupa la siguiente ecuación:</p> $Inj = \frac{Potencia \times BSFC}{Numero \ de \ inyectores \times (Duty \ cycle)}$ <p>Potencia = 60 Hp  Bsfc= 0,47  Numero de inyectores= 4  Duty cycle = 80%</p> $Inj = \frac{60 \ Hp \ x \ 0,47}{4 \ x \ (0,8)}$ $Inj = 8,81 \frac{lb}{h} = 90,32 \frac{cc}{min}$

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

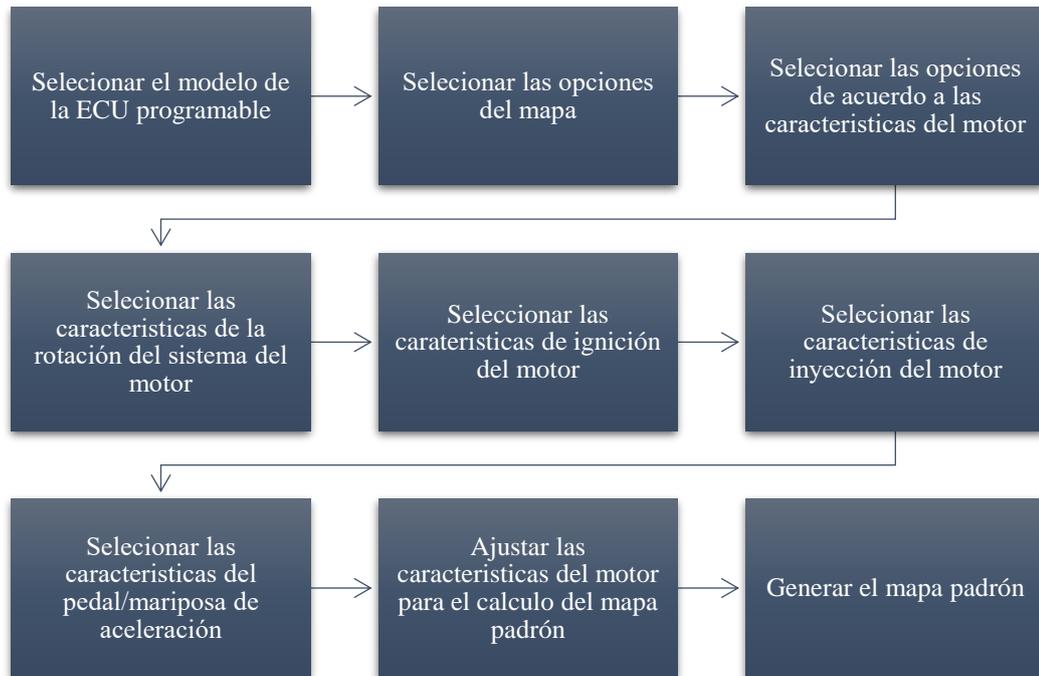
#### 3.5.5. Proceso de configuración de la ECU programable

La configuración de la ECU se la realizo mediante la conexión a una computadora portátil a través del programa FTManager v4.82, sin la necesidad de estar conectada al cableado del auto, para seleccionar datos principales como las unidades en las cuales trabajó la ECU del vehículo, de esta manera se pudo generar un mapa padrón de acuerdo con las características del motor del Vitará JX.

Se seleccionó una serie de parámetros los cuales ayudaron a generar un mapa base como se puede observar en la ilustración 5-3, tanto de ignición como de inyección. Una vez terminado este

proceso el programa mencionado nos arroja una tabla de conexión del cableado de la ECU de acuerdo con los parámetros seleccionados.

Además, se consideró que la ECU utilizada posee un total de 10 salidas configurables, seis salidas azules y cuatro salidas grises, también posee 7 canales de entrada configurables tanto digitales como analógicas, estas son ocupadas para testear los sensores como TPS, IAT, ECT, etc.



**Ilustración 5-3:** Parámetros seleccionados dentro del programa FTManager para la generación de un mapa padrón

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

### 3.6. Medición de emisiones de gases de escape bajo la norma NTE INEN 2203

Las pruebas de emisiones de gases de escape se las realizaron en el laboratorio de emisiones y revisión vehicular del “CICCEV”, la misma que usa la norma NTE INEN 2203 para llevar a cabo la medición de gases de escape, esta norma menciona las disposiciones generales que debe tener el equipo de medición, sus requisitos de calibración, el procedimiento de medición de las emisiones de gases contaminantes y las consideraciones que debe tener el informe de resultados.

En la ilustración 6-3 se observa que el vehículo de prueba se encuentra dentro del laboratorio de pruebas de emisiones y revisión vehicular del “CICCEV” con la respectiva instalación de la sonda del analizador de gases MAHA MGT 5 en el tubo de escape.

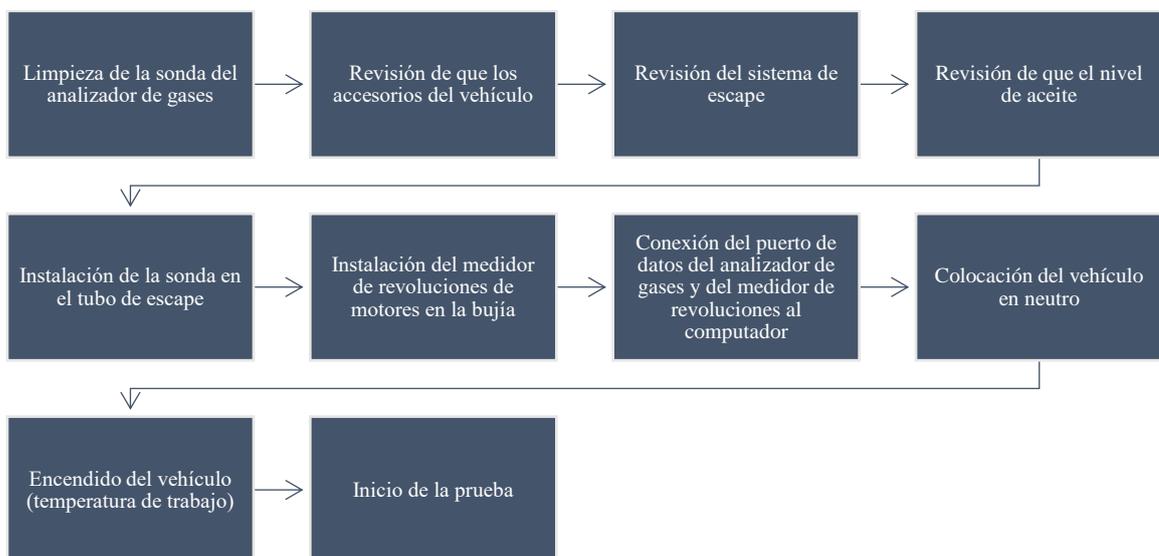


**Ilustración 6-3:** Prueba de emisiones de gases

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

### 3.6.1. *Protocolo de obtención de las emisiones de gases contaminantes*

Para la obtención de la medición de las emisiones contaminantes del vehículo de prueba en los dos sistemas de inyección se basó en las indicaciones de la norma NTE INEN 2203.



**Ilustración 7-3:** Protocolo de obtención de gases contaminantes bajo la norma NTE INEN 2203

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la ilustración 7-3, se puede apreciar el protocolo seguido por el técnico de laboratorio del CICCEV para la medición de los gases contaminantes, se inició con una limpieza de la sonda de medición debido a que este puede contener residuos de material particulado, sustancias extrañas o agua acumulada, posteriormente se realiza una revisión de que el sistema de escape no tenga fugas, que el nivel de aceite del vehículo se encuentre dentro de los límites de la bayoneta, además

de la verificación de que los accesorios del vehículo se encuentren apagados ya que pueden llegar a influir en las mediciones de los gases contaminantes, posteriormente se llegó al apartado de instalación de dos elementos fundamentales para la obtención de los datos, los cuales son: la sonda del analizador de gases y el medidor de revoluciones instalados en el tubo de escape y en un cable de bujías respectivamente, donde sus puertos de datos van a una laptop para visualizar los datos que se obtuvieron del analizador de gases, una vez instalados los equipos mencionados se procedió al encendido del vehículo el cual debe estar colocado en neutro y se esperó que el motor llegue a la temperatura de trabajo, finalmente se dio inicio a la prueba estática de medición de gases contaminantes, se realizaron 3 pruebas en ralentí y posteriormente a 2500 [rpm] manteniendo constante este régimen de giro durante 30 segundos en las cuales se midió el CO [%v], HC [ppm], CO<sub>2</sub> [%v] y O<sub>2</sub> [%v], finalmente después se procede a evaluar únicamente valores de CO [%v] y HC [ppm], dado a que en estos gases son los evaluados en la norma NTE INEN 2204 que establece los límites máximos de emisiones de gases contaminantes para motores de gasolina en pruebas de marcha mínima o ralentí (prueba estática).

### **3.7. Equipamiento y descripción**

A continuación, se describe el equipo utilizado para la medición de emisiones de gases contaminantes del vehículo de prueba con los dos sistemas de inyección, tal equipo se encuentra en los laboratorios del centro de transferencia tecnológica “CICCEV”, por lo cual al ser un ente certificado para la realización de estas pruebas se considera que el equipo se encuentra con su respectivo mantenimiento y en perfectas condiciones de operabilidad.

#### **3.7.1. Analizador de gases MGT5**

Las pruebas realizadas en el centro de transferencia tecnológica “CICCEV” se las desarrolló con un analizador de gases de escape de la marca MAHHA, modelo MGT5, el cual se lo puede observar en la ilustración 8-3, es un analizador de gases de escape de corriente parcial, este no posee un indicador para el análisis de HC, CO, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> mediante el cálculo de lambda.



**Ilustración 8-3:** Analizador de gases MAHA MGT 5

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la tabla 7-3 se representan las características del analizador de gases MAHHA MGT5 utilizado para realizar el análisis de emisiones contaminantes de manera estática al vehículo de prueba:

**Tabla 7-3:** Características técnicas del analizador MAHHA MGT5

Analizador MAHHA MGT5	
Principio de medición	espectrometría de infrarrojo
	HC, CO, CO <sub>2</sub>
Tiempo de calentamiento	480 s
Índice de flujo	3,5 l/min
Presión de trabajo	0,75 bar – 1,1 bar
Peso	10 kg
Tensión de abordo	12V/ 42V
Dimensiones (La x An x Al)	240mm x 560mm x 300mm
Manguera de sonda	8m
Receptor de la sonda gas metálica	400mm

Fuente: (Td maha mgt 5 vp135106 es)

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

### 3.8. Determinación del consumo de combustible

Para evaluar el consumo de combustible con los dos sistemas de inyección se lo realizó en una ruta específica de 74.5km, distancia la cual se recorre desde la ciudad de Riobamba hasta la ciudad de Ambato, en un tiempo estimado de 1 hora y 30 minutos teniendo en cuenta los límites de velocidad que existe en la ruta, que abordan de 30 a 90 [km/h], considerando que la velocidad ideal de circulación es de 50 [km/h]. Las pruebas se las realizo con la instalación de un tanque externo de combustible que cuenta con una bomba de combustible dentro de esta como se muestra en la ilustración 9-3, la evaluación de consumo de combustible se la realizó llenando el tanque externo con gasolina Extra, el cual tiene un volumen de 20 litros; cada inicio de ruta, una vez que se llegaba al destino, con la ayuda de una probeta de 1000 ml medir el combustible restante. Durante esta prueba se respecto los límites de velocidad establecidos por la ANT y con una conducción de plena carga del motor del vehículo de estudio.

#### 3.8.1. Número de pruebas a realizar

Para la determinación del número de pruebas a realizar para el consumo de combustible se basó en trabajos de titulación anteriores investigados durante la revisión bibliográfica en el que se tenía de 3 a 4 pruebas, considerando que el consumo de combustible es una variable cuantitativa continua es necesario la implementación de 3 pruebas para cada sistema de inyección.

#### 3.8.2. Instrumentación

##### 3.8.2.1. Tanque externo de combustible

Debido a la dificultad para medir el combustible restante después de las pruebas en la ruta planteada se utilizó un tanque de combustible externo como se ve en la ilustración 9-3, con una capacidad de 20 litros, en su interior se encontraba una bomba de combustible de 3 bares, además

de que en la tapa del tanque estaban instaladas las mangueras de suministro de combustible y la de retorno.



**Ilustración 9-3:** Tanque externo para evaluar el consumo de combustible

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la tabla 9-3 se puede ver los elementos que conformaban el tanque externo que fue utilizado para la medición del consumo de combustible.

**Tabla 8-3:** Elementos utilizados con el tanque externo

N	Elemento
1	Tanque de 20 l
2	Manguera de suministro de combustible (medida)
3	Manguera de retorno de combustible (medida)
4	Cableado eléctrico de la bomba de combustible
5	Bomba de combustible
6	Combustible (Gasolina Extra)

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

### 3.8.2.2. Probeta de medición

Para tener una mayor exactitud en la medición del combustible restante en el tanque externo se optó por la utilización de una probeta de plástico de 1000 ml dividida en 100 ml representada en la ilustración 10-3.



**Ilustración 10-3:** Probeta utilizada para medir el combustible restante

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

### 3.8.3. *RaceChrono*

La aplicación RaceChrono fue utilizada para determinar la gráfica de velocidad del vehículo en función del tiempo mientras se realizaba la prueba de consumo en la ruta específica, esta es una aplicación que se encuentra disponible tanto para Android como para IOS, actualmente cuenta con una versión gratuita y una de paga que es la PRO, la versión gratuita permite grabar datos durante cuatro minutos, mientras que la versión PRO no tiene un límite de tiempo para grabar los datos, cabe recalcar que las dos versiones de la aplicación permiten tener todos los parámetros que evalúa (tiempo, distancia, velocidad, altitud, etc.), además de que en caso de no querer adquirir la versión PRO que es la que mayor costo tiene se puede optar por paquetes de la aplicación los cuales son “Paquete de Análisis” y “Paquete de Dispositivos”, el primer paquete permite disponer de tiempos de vuelta predictivos, canal de diferencia de tiempos y escalado de del grafico comparativo por posición, mientras que el segundo paquete permite disponer de tiempo de conexión ilimitado a dispositivos OBD – II, VBOX y RaceDAC.

Debido a la necesidad de almacenar los datos de la ruta de prueba que tiene una duración aproximada de 1h y 30 min se optó por la adquisición de la versión PRO, además de que esta permite exportar estos datos en un archivo con formato “.csv”, el cual se puede abrir en Excel, facilitando la visualización de los datos.



**Ilustración 11-3:** Aplicación utilizada para la toma de datos

**Fuente:** (RaceChrono)

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la ilustración 11-3 se puede observar la interfaz de RaceChrono, la cual es bastante intuitiva permitiendo que el usuario pueda usar todas las funciones con las que cuenta, permitiéndole escoger diferentes opciones como velocidad, distancia, altitud, tiempo, etc., para visualizar sus datos en vivo. Como se visualizan los datos se pueden apreciar en la ilustración 12-3 en la cual se puede visualizar la velocidad a la que circuló el vehículo en diferentes distancias durante el recorrido de la prueba.



**Ilustración 12-3:** Grafica de velocidad vs distancia generada por RaceChrono

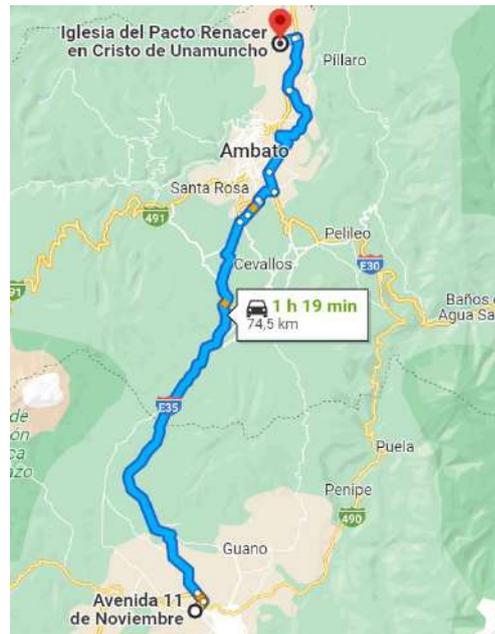
**Fuente:** (RaceChrono)

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

### 3.8.4. Ruta de prueba

El análisis del consumo de combustible se desarrolló en una ruta periférica de Riobamba – Ambato la cual cuenta una distancia de 74.5 km y un estimado de 1h y 30 min para su recorrido, la ruta en la que se realizó las pruebas se puede apreciar en la figura 13-3, la ruta está definida por

los autores teniendo en cuenta que esta ruta entre las dos ciudades existe gran concurrencia vehicular.



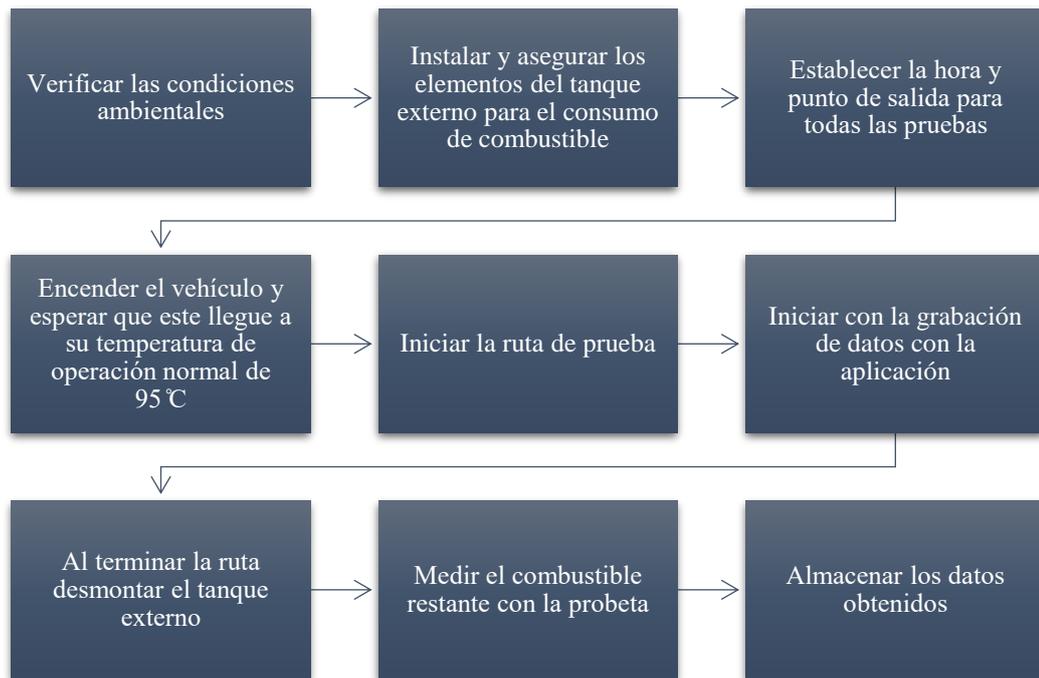
**Ilustración 13-3:** Ruta de prueba

**Fuente:** (Google Maps)

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

### ***3.8.5. Protocolo de obtención del consumo de combustible***

El protocolo establecido para determinar el consumo de combustible del vehículo de prueba con ambos sistemas de inyección se puede observar en la figura 14-3, la cual explicada los parámetros establecidos para obtener el consumo de combustible en la ruta establecida con los dos sistemas de inyección planteados en el vehículo de prueba.



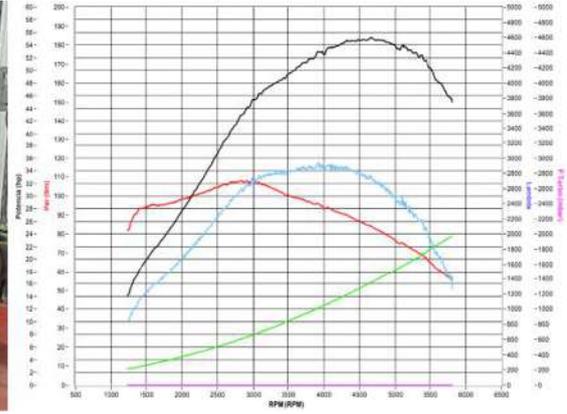
**Ilustración 14-3:** Protocolo realizado para evaluar el consumo de combustible

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

### 3.9. Curvas de torque y potencia del vehículo de prueba

Se realizó la toma de datos de torque y potencia con el sistema de inyección monopunto y posteriormente el sistema de inyección multipunto (con una ECU programable), en un dinamómetro de la marca Bapro de la serie Hp de alto rendimiento la cual realiza estas mediciones a las ruedas del vehículo, está representado en la ilustración 15-3, esta empresa de origen italiano, que se dedica netamente a la construcción de bancos dinamométricos tanto para vehículos como para motocicletas.

Este banco de pruebas posee un ventilador que tiene la capacidad de superar una velocidad de 90 [km/h] para la realización de ensayos, además, este tipo de bancos se caracteriza por poseer un freno de inducción, este detiene el movimiento de las ruedas del vehículo desvaneciendo la energía cinética generada por el movimiento rotacional de las ruedas. Esta empresa provee de bancos de pruebas a marcas de vehículos de alta gama como: Audi, Alfa Romeo, Ducati, entre otros. Estas pruebas fueron realizadas con la finalidad de realizar un análisis de las curvas de velocidad, entre los sistemas de inyección mencionados anteriormente.



**Ilustración 15-3:** Vehículo de estudio en el banco de pruebas Bapro

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados

En el presente capítulo se mostrará los resultados obtenidos de las emisiones de gases contaminantes y el consumo de combustible del vehículo Vitara JX 2002 tanto con el sistema de inyección indirecta monopunto y multipunto, este último cuenta con una ECU programable, las emisiones de gases contaminantes en base a norma NTE INEN 2203 en el Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares (CCICEV) para determinar los factores de emisiones del monóxido de carbono, hidrocarburos y la evaluación de consumo de combustible en una ruta en específica Riobamba – Ambato (74.5 km) para determinar el rendimiento del combustible por distancia recorrida.

#### 4.2. Revisión técnica del vehículo de prueba

Para llevar a cabo cada una de las pruebas tanto de emisiones contaminantes y consumo de combustible, en el vehículo de prueba se realizó una revisión general como lo describe la tabla 1-4, donde se ejecutó una prueba de compresión de cada uno de los cilindros, inspección bujías de encendido, inspección del filtro de aire y la revisión de los frenos del vehículo. De esta manera se pudo obtener unos resultados fiables.

**Tabla 1-4:** Inspección técnica realizada al vehículo para su correcto funcionamiento

Revisión	Observación		Fotografías
Compresión del motor	Cilindro 1	124 psi	
	Cilindro 2	125 psi	
	Cilindro 3	125 psi	
	Cilindro 4	128 psi	
	Al realizar una prueba de compresión a cada uno de los cilindros del motor, se determinó que estos se encuentran en un rango tolerable de funcionamiento.		

<p>Bujías</p>	<p>Se realizo una inspección del estado las bujías, se determinó un mal estado de ellas, para lo cual se realizó la sustitución de estas.</p>	
<p>Filtro de aire</p>	<p>Se realizo una inspección visual del filtro de aire del vehículo, con lo cual se determinó la sustitución de este.</p>	
<p>Frenos</p>	<p>Al realizar el desmontaje de las patillas de freno, realizando una inspección visual se puede determinar que las pastillas del vehículo se encuentran en buen estado.</p>	
<p>Neumáticos</p>	<p>Como se puede observar en la fotografía la banda de rodadura de los neumáticos aún se encuentra sobre la marca dada por el fabricante para su sustitución, la dimensión de todos los neumáticos es de 225/70 R15, la presión de los neumáticos encuentra en los 30 psi.</p>	

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3. Modificación del sistema de inyección del vehículo de prueba

Para realizar el análisis comparativo de emisiones contaminantes entre un sistema de inyección monopunto y un sistema de inyección multipunto, se realizó la modificación en el sistema de inyección del vehículo de prueba, ocupando así en el vehículo inyección secuencial, para lo cual se realizó la selección y sustitución de varios elementos del vehículo.

#### **4.3.1. ECU programable seleccionada**

Dentro del mercado automotriz en el Ecuador se logró encontrar una gran variedad de computadoras programables, la mayoría de estas varían en su precio de acuerdo con las prestaciones y velocidad de procesamiento que poseen. Para el desarrollo del trabajo se seleccionó una computadora programable de la marca FuelTech de la serie 450.

La FuelTech desarrolló la plataforma para el automovilismo denominada PowerFT, que tiene la capacidad de realizar correcciones con la sonda lambda en bucle cerrado. La plataforma PowerFt posee un datalogger de alta capacidad, esta plataforma cuenta con 256 canales y una velocidad de 200 Hz. La Ft450 viene con su respectivo ramal de conexión, el mismo que posee 26 pines de conexión, como se puede observar en la ilustración 1-4.



**Ilustración 1-4:** Adquisición de la computadora Ft450

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### **4.3.2. Instalación del sistema de admisión**

La modificación principal para la sustitución del sistema de inyección monopunto al sistema de inyección multipunto, parte de la sustitución del múltiple de admisión. Para lo cual se desarrolló el diseño de un múltiple de admisión, la selección de un cuerpo de aceleración y tomas de aire hacia el filtro del vehículo, estos elementos se seleccionaron de manera que se logre mantener en lo posible la originalidad del vehículo.

##### **4.3.2.1. Cuerpo de aceleración**

De acuerdo con la facilidad de encontrar dentro del mercado automotriz y la similitud de las dimensiones de las tomas de aire del vehículo, se seleccionó el cuerpo de aceleración del Chevrolet Corsa Wind. Este cuerpo de aceleración posee uno de los sensores importantes para el funcionamiento de la gestión electrónica el cual es el sensor TPS, como se puede observar en la ilustración 2-4.



**Ilustración 2-4:** Cuerpo de aceleración

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

El múltiple de admisión se realizó en base a la brida de acoplamiento del cuerpo de aceleración como se observa en la ilustración 3-4, la base de acoplamiento que se encargara de sujetar al cuerpo de aceleración.



**Ilustración 3-4:** Base de acoplamiento hacia el múltiple de admisión

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.2.2. *Múltiple de admisión*

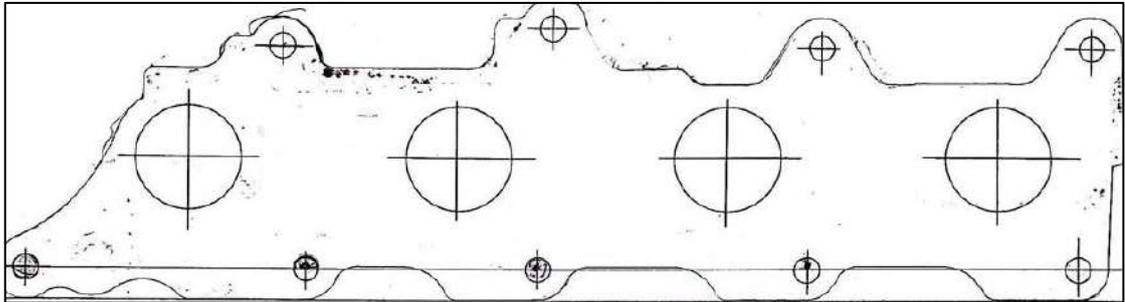
Para el desarrollo del diseño del múltiple de admisión, se obtuvo las medidas pertinentes con el empaque del múltiple del vehículo como se observa en la ilustración 4-4, con un calibrador pie de rey.



**Ilustración 4-4:** Empaque del múltiple de admisión del vehículo de prueba

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

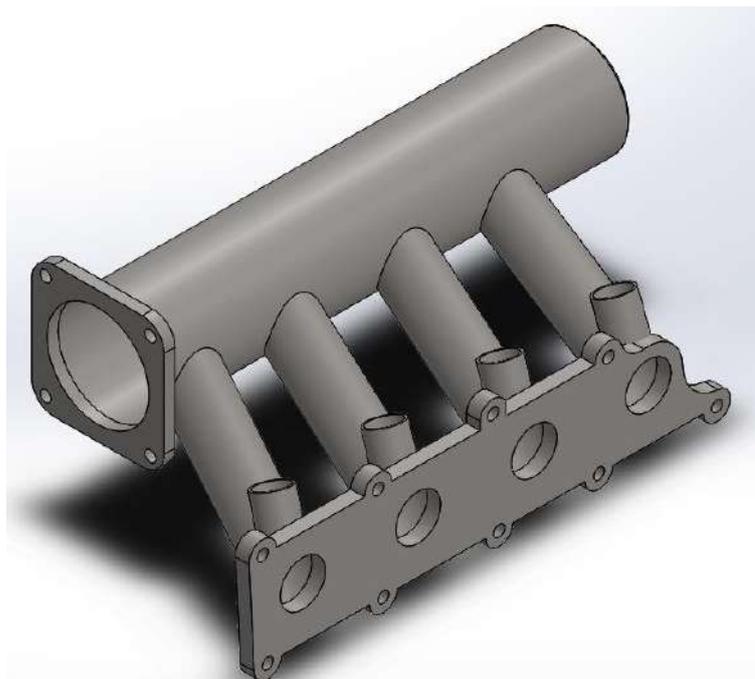
Se desarrolló un dibujo de manera manual dando como resultado la ilustración 5-4, de esta manera se obtuvo las medidas para realizar el diseño y fabricación de las bridas de acoplamiento para el múltiple de admisión.



**Ilustración 5-4:** Dibujo realizado de manera manual para dibujar en un software CAD

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Con la ayuda del software de diseño SolidWorks se realizó el diseño presentado en la ilustración 6-4, donde se puede observar la brida de acoplamiento hacia el múltiple de admisión y la brida de acoplamiento hacia el cuerpo de aceleración.



**Ilustración 6-4:** Diseño realizado de forma manual para crearlo en un software CAD

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Se realizó el diseño en SolidWorks, posteriormente se seleccionó el material para la fabricación de cada uno de los elementos que conforman el múltiple de admisión, para lo cual se optó por realizarlo con tubos de geometría circular, en la tabla 2-4, se detallan los materiales seleccionados para la construcción del múltiple de admisión.

**Tabla 2-4:** Descripción de las dimensiones y materiales utilizados para la fabricación del múltiple de admisión.

Descripción	Material	Norma	Dimensiones (mm)	Espesor (mm)
Brida cuerpo de aceleración	Acero	ASTM A36	96,20x96,20	8
Brida hacia el múltiple de escape	Acero	ASTM A36	96x352	10
Tubería de acople	Acero	AISI 304	Diámetro 38,1	2
Tubería hacia cada cilindro	Acero	AISI 304	Diámetro 76,2	2

**Fuente:** (DIPAC Productos de acero)

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Se seleccionó el acero inoxidable AISI 304, posee un bajo porcentaje de carbono, una alta resistencia a la temperatura y a la corrosión generada por el ambiente. De igual manera se seleccionó el acero ASTM A36 debido a su alta resistencia y capacidad de resistir altas temperaturas. Estos dos tipos de acero, además, se los puede conseguir con facilidad y a un bajo costo en el mercado ecuatoriano.

Una vez realizado la selección del material, se procedió a realizar la manufactura de las bridas de acoplamiento tanto para el cuerpo de aceleración como para el cabezote del vehículo de prueba, como se puede observar en la ilustración 7-4 la brida fabricada para el cuerpo de aceleración y en la ilustración 8-4 la brida utilizada para el acoplamiento hacia el cabezote del vehículo.



**Ilustración 7-4:** Brida de acoplamiento para el cuerpo de aceleración

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022



**Ilustración 8-4:** Brida de acoplamiento hacia el cabezote del vehículo

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Con las bridas de acoplamiento fabricadas se realizó el múltiple de admisión con los tubos de acero inoxidable. Una vez terminado el múltiple se procedió a verificar que este no presente fugas en toda su estructura, de esta manera se comprueba su hermeticidad y funcionamiento al realizar el acoplamiento en el vehículo. En la ilustración 9-4 se puede observar el múltiple de admisión terminado con los bocines necesarios para la incorporación de los inyectores.



**Ilustración 9-4:** Múltiple de admisión terminado

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### *4.3.2.3. Manguera de admisión de aire*

Para evitar el ingreso de impurezas hacia el motor, se realizó la adaptación de dos tubos de aluminio con dos codos de caucho de 45 grados, con la finalidad de realizar la conexión hacia el depurador del vehículo, en su interior posee el filtro de aire. En la ilustración 10-4 se puede observar las tuberías utilizadas para realizar la conexión hacia el depurador de aire del vehículo de prueba.



**Ilustración 10-4:** Mangueras ocupadas para la conexión del depurador del vehículo

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### **4.3.3. Instalación de los elementos externos al sistema de admisión**

Para la modificación al sistema de inyección es indispensable de dos ruedas fónicas; una colocada en el cigüeñal del motor y otra al árbol de levas del MCI.

##### **4.3.3.1. Riel de inyectores**

Se eligió el riel de inyectores de un Chevrolet Astra debido a la similitud en la longitud a la cual se encuentra la entrada de aire de un pistón a otro, además, que este riel de inyectores se lo encuentra con facilidad y a un bajo costo dentro del mercado de repuestos automotrices. En la ilustración 11-4 se puede observar el riel de inyectores que se utilizó para la modificación.



**Ilustración 11-4:** Riel de inyectores seleccionado para la modificación

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

##### **4.3.3.2. Ruedas fónicas**

Para la implementación de la inyección secuencial se adicionó dos sensores primordiales, los cuales sensan el giro del cigüeñal y del árbol de levas mediante ruedas dentadas o ruedas fónicas. A la polea de accesorios del cigüeñal del vehículo se implementó una rueda fónica de 60-2, es decir, posee dos dientes perdidos esto nos ayudó a sensar en el momento en el cual el cilindro uno

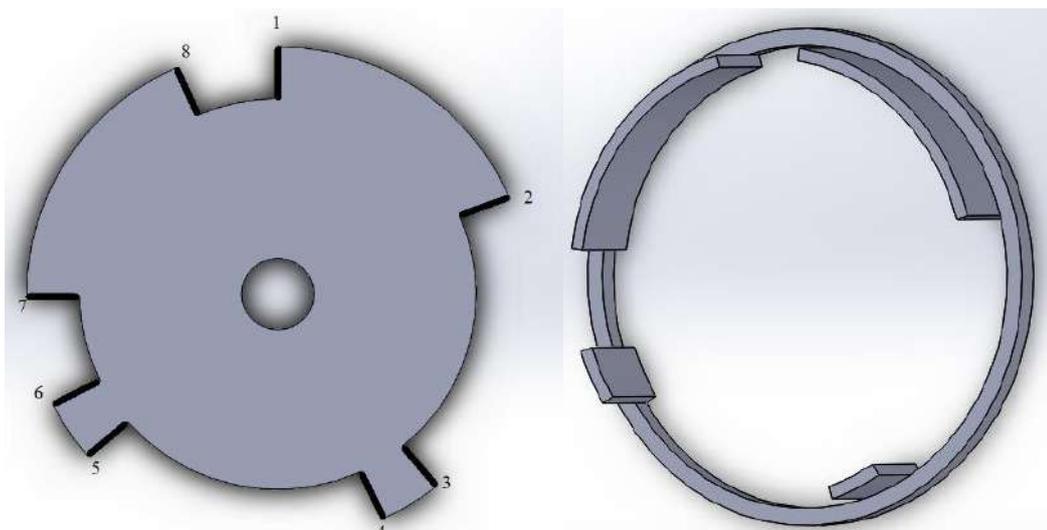
se encuentra en la fase de compresión o de trabajo. Esta rueda fónica se encuentra con facilidad en el mercado, ya que es utilizada de manera universal en varios vehículos, en la ilustración 12-4 se puede observar la rueda fónica de 60-2 adaptada a la polea de accesorios del cigüeñal del vehículo.



**Ilustración 12-4:** Rueda fónica adaptada a la polea de accesorios del motor

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la polea del árbol de levas se realizó la fabricación de cuatro dientes en acero ASTM A36, basándose en la configuración de ángulos que presenta el manual de la computadora seleccionada para la modificación, en la ilustración 13-4 se puede observar los ocho bordes que serán colocados en la polea del árbol de levas del motor de estudio, en donde se utilizó los ángulos y la longitud de arco de los dientes de la rueda fónica para su posterior instalación en el árbol de levas del motor.



**Ilustración 13-4:** Bordes diseñados para sensor el giro del árbol de levas

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Los bordes para sensar el giro del árbol de levas se tomaron en consideración que el borde uno se encuentra en la sincronización con el cigüeñal del vehículo, para la fabricación de estos dientes se realizó la tabla 3-4, donde se observan los ángulos a los cuales se encuentra cada borde de los dientes fabricados, estos ángulos se los tomó en sentido horario.

**Tabla 3-4:** Ángulos de ubicación de los dientes fabricados

Borde del diente	Angulo (grados)
1	0
2	66,85
3	140,86
4	155,18
5	229,19
6	243,51
7	269,28
8	336,13

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Con los grados a los cuales se ubica cada borde se realizó la fabricación de los cuatro dientes, ocupando una lámina de acero de 3 milímetros. El borde uno se encuentra en la marca de la polea del árbol de levas, la cual representa la sincronización entre el árbol de levas y el cigüeñal del vehículo, en la ilustración 14-4 se puede observar los dientes fabricados mostrados anteriormente en la figura 13-4 y soldados en la polea del vehículo.



**Ilustración 14-4:** Dientes fabricados en la polea del árbol de levas

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### **4.3.4. Instalación del sistema de inyección electrónica**

Para el funcionamiento de la gestión electrónica del vehículo es indispensable la señal emitida por varios sensores utilizados en el vehículo, la ECU programable es la encargada de recibir estas señales, procesarlas y emitir los pulsos de inyección a cada uno de los inyectores de acuerdo con el orden de encendido del vehículo.

#### 4.3.4.1. Sensores seleccionados

El sensor CKP implementado para el monitoreo del giro del cigüeñal del vehículo, se seleccionó del Chevrolet Corsa Wind, debido a su fácil acceso y bajo costo, este sensor es del tipo inductivo de tres cables: señal, negativo y un tercer cable de blindaje. En la ilustración 15-4 se puede observar el sensor CKP implementado.



**Ilustración 15-4:** Sensor CKP inductivo

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

El sensor CMP encargado de sensar la polea del árbol de levas con los dientes fabricados se seleccionó del motor de una honda K20, obtenido de un motor desecho, este sensor es de efecto Hall, el cual posee una conexión de tres pines: alimentación 12V, negativo y la señal emitida por el sensor. En la ilustración 16-4 se puede observar el sensor que se implementó.



**Ilustración 16-4:** Sensor CMP de efecto hall

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

El sensor TPS se seleccionó del Chevrolet Corsa Wind, este fue seleccionado debido a que se utilizó el cuerpo de aceleración del mismo vehículo, además, se lo encuentra de manera sencilla y su costo no es elevado. En la ilustración 17-4 se puede observar el sensor TPS implementado

en el motor este posee tres pines de conexión: alimentación de 5V, negativo y la señal de salida hacia la computadora.



**Ilustración 17-4:** Sensor TPS

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

El sensor indispensable para el funcionamiento del motor de prueba es el sensor MAP este sensor viene incorporado en la computadora elegida, este se lo conectó de manera directa desde una toma en el cuerpo de aceleración hacia la computadora. La computadora tiene la capacidad de sensor hasta de 10 bares de presión. En la figura 18-4 se puede observar la conexión en la parte posterior de la computadora implementada al vehículo.



**Ilustración 18-4:** Conexión del sensor MAP

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.4.1. Actuadores seleccionados

Los actuadores primordiales son los inyectores, para lo cual se eligió de la marca Bosch, estos son de alta impedancia, en la metodología se determinó un flujo total de los cuatro inyectores de 92 cc/min. En la ilustración 19-4 se puede observar el modelo de inyector que se seleccionó, teóricamente estos presentan un flujo total de 90 cc/min.



**Ilustración 19-4:** Inyector de alta impedancia

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Uno de los factores esenciales para la configuración de la inyección secuencial con la computadora programable es el flujo total del banco, para lo cual se realizó una prueba de flujo en un banco de inyectores, en la ilustración 20-4 se puede observar los cuatro inyectores sometidos a una prueba de flujo durante un tiempo de 300 segundos.



**Ilustración 20-4:** Prueba de flujo de los inyectores

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Una vez terminada la prueba realizada en el banco de inyectores de la marca Launch se obtuvo los datos presentados en la tabla 4-4, en la que podemos corroborar el flujo total del banco de inyectores. Teniendo así un flujo total real de 85,7 cc/min.

**Tabla 4-4:** Calculo del flujo de cada inyector

Numero de inyector	Volumen (ml)	Tiempo de prueba (min)	Flujo (cc/min)	Flujo (lb/h)
1	105	5	21	2,048
2	108		21,6	2,107
3	108		21,6	2,107
4	107,5		21,5	2,097
<b>TOTAL</b>	428,5		85,7	8,359

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Se selecciono una bobina doble de chispa perdida de la marca Volkswagen, debido a su facilidad de encontrar en el mercado de repuestos automotriz y a su costo representativo para el funcionamiento de los cuatro cilindros del motor, en la ilustración 21-4 se puede observar la bobina seleccionada para el funcionamiento del vehículo.



**Ilustración 21-4:** Bobina doble de chispa perdida

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### **4.3.5. Conexión y configuración de la ECU programable**

Se realizo la conexión de sensores y actuadores del ramal de cables de la computadora programable, de igual forma se realizó la creación de un mapa de inyección, este mapa creado con inyección secuencial e ignición con una bobina doble de chispa perdida.

##### **4.3.5.1. Conexión del conector de la ECU programable**

El conector de la ECU posee en total de 26 pines de conexión, de los cuales posee: 6 salidas de color azul, usualmente utilizadas para el control de inyectores, 4 salidas de color gris asignadas para el control de ignición o conexión hacia bobinas de encendido, 7 entradas de color blanco, estas se conectan a las salidas de los sensores que sea necesario para su implementación. En la ilustración 22-4 se puede observar todo el ramal de cables de la Ft450.



**Ilustración 22-4:** Ramal de cables de conexión

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

El ramal de cables posee dos salidas blindadas, una para un sensor de efecto hall y la otra para un sensor inductivo, estos se conectaron al sensor CMP y CKP respectivamente, en la tabla 5-4, se puede observar el pin de conexión en la ECU y el cable de conexión correspondiente.

**Tabla 5-4:** Pines de conexión hacia sensores y actuadores

Pin	Color de cable	Conexión	Descripción
1	Azul 1	Inyección cil. 1	
2	Azul 2	Inyección cil. 2	
3	Azul 3	Inyección cil. 3	
4	Azul 4	Inyección cil. 4	
7	Negro/Blanco	Entrada (-)	Conectado directo al borne negativo de la batería
8	Gris 1	Ignición cil. 1-4	Conectados a las entradas de la bobina doble
9	Gris 2	Ignición cil. 3-2	
10	Gris 3	Bomba de combustible	Conectado tras relé de la bomba de combustible
12	Negro	Entrada (-)	Conectado directo al borne negativo de la batería
13	Rojo	Entrada 12V	Conexión realizada tras relé en el pin 87
14	Verde	Salida de 5V para sensores	
17	Blanco	Entrada señal de fase	Conectado a la salida del sensor CMP de efecto hall
18	Blanco del cable negro blindado	Referencia del sensor de rotación inductivo	Conectado a las salidas del sensor CKP inductivo
19	Rojo del cable blindado negro	Entrada señal de rotación inductivo	
20	Blanco 1	Sonda General	Entrada de señal del sensor de oxígeno
22	Blanco 3	Sensor TPS	Entrada de señal del sensor TPS
24	Blanco 5	Temperatura del motor	Entrada de señal del sensor ECT
25	Blanco 6	Temperatura de aire	Entrada de señal del sensor IAT

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.5.2. Proceso para la creación de un mapa de inyección

Una vez realizada la conexión de todo el ramal de cables se procede a la conexión a través del cable USB de la ECU programable hacia una PC con el programa de configuración FTManager como se puede observar en la ilustración 23-4, se seleccionó nuevo mapa.

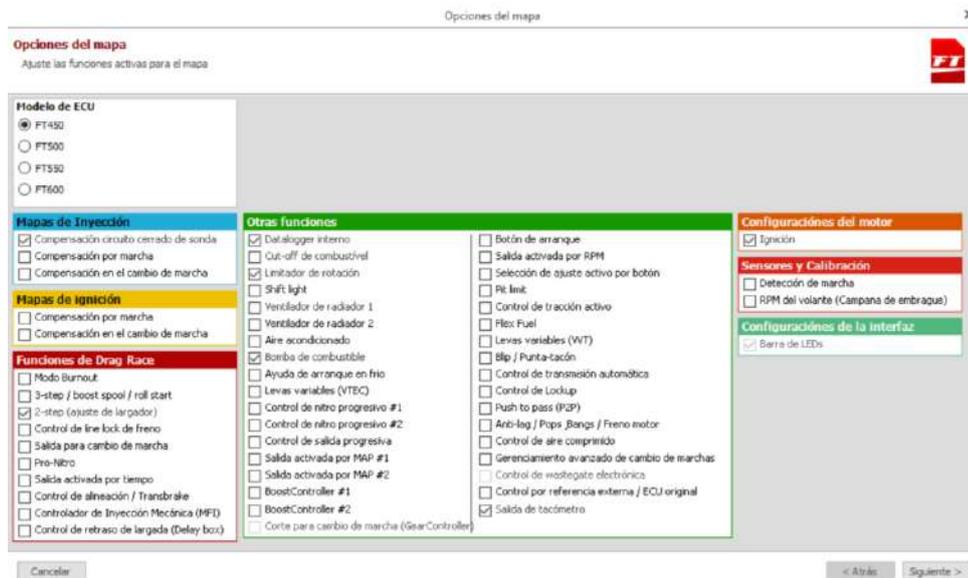


**Ilustración 23-4:** Configuración de la Ft450

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.5.2.1. Selección de las opciones del mapa

Se selecciono la computadora FT450 y las funciones principales con las que va a trabajar el motor del vehículo de prueba, en la figura 24-4, se observa las funciones que se seleccionó para el funcionamiento del motor.



**Ilustración 24-4:** Selección de las opciones para la creación del mapa

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.5.2.2. Configuraciones del motor

En la ilustración 25-4 se presenta los valores seleccionados para la configuración en donde se seleccionó el tipo de motor de pistón de 4 cilindros y el mapa principal mediante la depresión sensada por el sensor MAP que se encuentra integrado en la ECU programable, la presión máxima utilizada se la digito en el apartado de “Presión max. de turbo”, en donde se puede digitar tanto para motores turbo o aspirados, en caso de motores aspirados naturalmente se considera una presión atmosférica de 0 bares (FuelTech, 2020, p. 27) para las RPM máximas se consideró un 30% más de las RPM a las que el vehículo con el sistema de inyección monopunto genero su máxima potencia que fue a las 4750 [rpm] a 2750 msnm dando como valor las RPM máximas de 6200, al sobrepasar estas revoluciones la computadora cortara la inyección para evitar daños en el motor.

Padrón FuelTech - Configuraciones del motor

### Configuraciones del motor

Seleccionar las opciones de acuerdo a las características del motor, esta información será importante para generar el mapa predeterminado.

**Tipo de motor:** Pistón

**Mapa de ralentí por TPS:** Deshabilitado

**Número de cilindros:** 4

**Mapa principal:** MAP

**Inyección rápida:** TPS

**Presión max. de turbo:** 0,00 bar

**RPM máxima:** 6200 RPM

**Orden de ignición:**

Predeterminada

- 1-3-4-2 (VW AP, VW Golf, Chevrolet, Ford, Fiat, Honda, etc)
- 1-2-3-4 (Estándar FT200, FT250, FT300, FT350 y FT400)
- 1-3-2-4 (Subaru)
- 1-4-3-2 (VW refrigerado por aire)
- 1-2-4-3 (La mayor parte de las motocicletas)

Personalizada

1	2	3	4
1	3	4	2

Cancelar < Atrás Siguiete >

**Ilustración 25-4:** Opciones seleccionadas de acuerdo con las características del motor.

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.5.2.3. Selección de las características de los sensores de rotación

El sensor CKP encargado de sensar la rotación del cigüeñal es del tipo magnético diferencial el cual se encuentra ubicado en la parte inferior del motor con una rueda fónica de 60-2, con la distribución sincronizada del vehículo se tiene 19 dientes en sentido antihorario luego del diente perdido hasta llegar a la ubicación del sensor CKP, de esta manera se tiene la alineación del primer diente, indicándonos así que el pistón uno se encuentra en el PMS en la fase de compresión con el fin de sincronizar el salto de chispa y la inyección del vehículo.

En el árbol de levas del vehículo se seleccionó un sensor de fase de efecto hall, en la ilustración 26-4 se puede observar los datos introducidos hacia la ECU programable.

Padrón FuelTech - Señal de RPM

**Señal de RPM**  
Seleccionar las características de la rotación del sistema de motor.

**Sensor de rotación**  
Tipo de sensor de rotación  
 Hall  
 Magnético referencia interna  
 Magnético diferencial  
Borde señal rotación  
Descenso

**Sensor arbol levas (CAM sync)**  
Tipo de sensor de fase  
 No utilizado  
 Hall  
 Magnético  
 Magnético diferencial  
 Aleatoria Hall - Diagnóstico  
 Aleatoria Magnético - Diagnóstico  
Borde señal arbol levas  
Descenso

**Rueda fónica**  
Rueda fónica  
60-2 (cigüeñal)  
Alineación del 1er diente  
114,0 19 dientes 0,0°  
Tipo de rueda fónica  
Con diente faltante  
Número de dientes  
60  
Dientes faltando  
2  
Ángulo diente adicional  
0,0  
Tiempo de duración falla  
1,75

Cancelar < Atrás Siguiente >

**Ilustración 26-4:** Características de rotación seleccionadas para el vehículo de prueba.

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.5.2.4. Selección de las características de ignición del motor

Se seleccionó una bobina doble de chispa perdida la cual se encuentra conectada en el nuevo sistema de inyección del motor, en la ilustración 27-4 se puede observar el modo de ignición seleccionado.

Padrón FuelTech - Ignición

**Ignición**  
Seleccione las características del sistema de ignición del motor.

**Modo de ignición**  
 Secuencial - Bobina individual  
 Chispa perdida - Bobina individual  
 Chispa perdida - Bobina doble  
 Distribuidor - 1 bobina

**Salida de ignición**  
 Borde de descenso (SparkPRO)  
 Borde de subida (MSD - duty 50%)  
 Borde de subida (Distribuidor Honda)

Cancelar < Atrás Siguiente >

**Ilustración 27-4:** Selección del modo de ignición del vehículo.

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.5.2.4. Selección de las características de inyección

Se seleccionó un modo de inyección secuencial con un motor de cuatro cilindros en la ilustración 28-4 se observa la introducción del flujo total de los cuatro inyectores determinado en la selección de los inyectores.

Padrón FuelTech - Inyección

**Inyección**  
Seleccionar las características del sistema de inyección del motor.

**Banco de inyección A**  
 Banco A activado  
Modo de inyección  
 Multipunto  
 Semi-secuencial  
 Secuencial  
Salidas Banco A  
4  
Flujo total banco A  
11 lb/h  
Flujo total es la suma del flujo de los inyectores de la bancada.  
Ejemplo: 4 inyectores de 80lb/h equivalen a un flujo de 320lb/h.  
Deadtime inyectores banco A  
1,00 ms

**Banco de inyección B**  
 Banco B activado  
Modo de inyección  
 Multipunto  
 Semi-secuencial  
 Secuencial  
Salidas Banco B  
4  
Flujo total banco B  
0 lb/h  
Flujo total es la suma del flujo de los inyectores de la bancada.  
Ejemplo: 4 inyectores de 80lb/h equivalen a un flujo de 320lb/h.  
Deadtime inyectores banco B  
1,00 ms

Cancelar < Atrás Siguiete >

**Ilustración 28-4:** Selección del modo de inyección del vehículo.

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.5.2.5. Selección de las características del pedal

En la ilustración 29-4 se observa la selección del sensor TPS para la configuración de la ECU programable.

Padrón FuelTech - Pedal / Mariposa / Actuador

**Pedal / Mariposa / Actuador**  
Seleccione las características del pedal / mariposa y el actuador de ralentí utilizados en el motor.

**Pedal / Mariposa**  
 Ningún  
 TPS  
 1 ETC  
 2 ETCs  
Codigo de mariposa electrónica

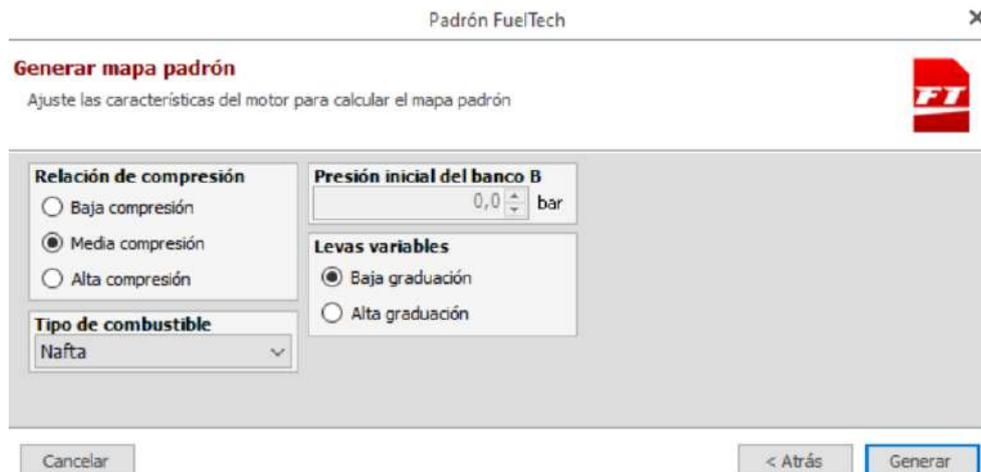
Cancelar < Atrás Siguiete >

**Ilustración 29-4:** Selección de las características del pedal.

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.5.2.6. Ajuste de las características para el cálculo del mapa padrón

Para que la plataforma PowerFT genere el mapa padrón de ignición del motor fue necesario seleccionar el tipo de relación de compresión y el tipo de combustible como se puede ver en la ilustración 30-4, baja compresión se selecciona cuando en la modificación al motor se implementa un turbocompresor, alta compresión es seleccionado para vehículos atmosféricos de competición, mientras que media compresión para vehículos estándar, además se trabajó con un combustible de bajo octanaje que es de tipo nafta.

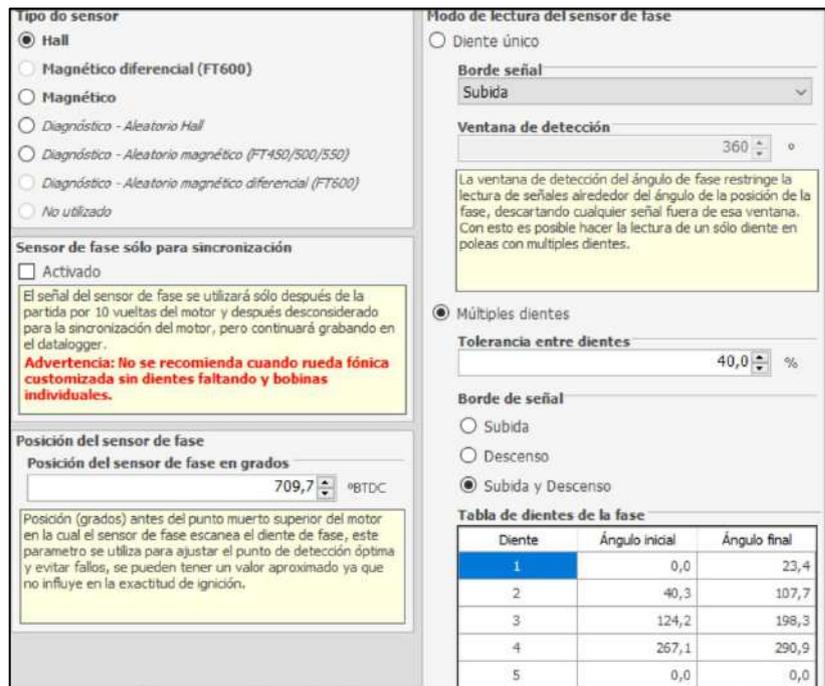


**Ilustración 30-4:** Ajuste de las características del motor

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.5.2.7. Configuración del sensor de fase

Una vez que se terminó la selección de parámetros, se realizó la configuración del sensor de fase para que el motor encienda, en la ilustración 31-4 se observa que el sensor de fase se encuentra a 709,7°, esta ubicación del sensor ayuda a la sincronización del cigüeñal y el árbol de levas para determinar en el momento en el que se abre la válvula de admisión e inyectar el combustible de acuerdo con el orden de encendido.

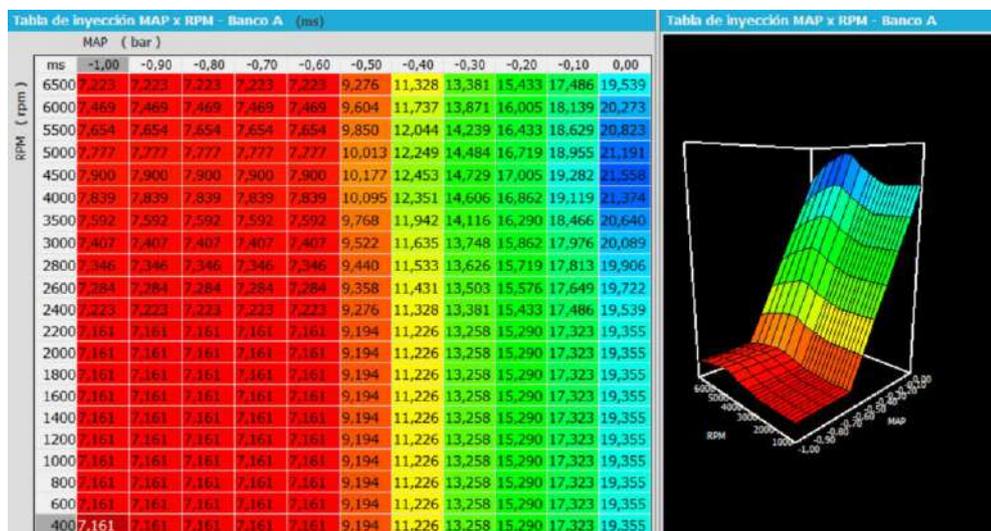


**Ilustración 31-4:** Configuración del sensor de fase

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.3.5.2.8. Mapa de ignición e inyección generado por la plataforma PowerFT

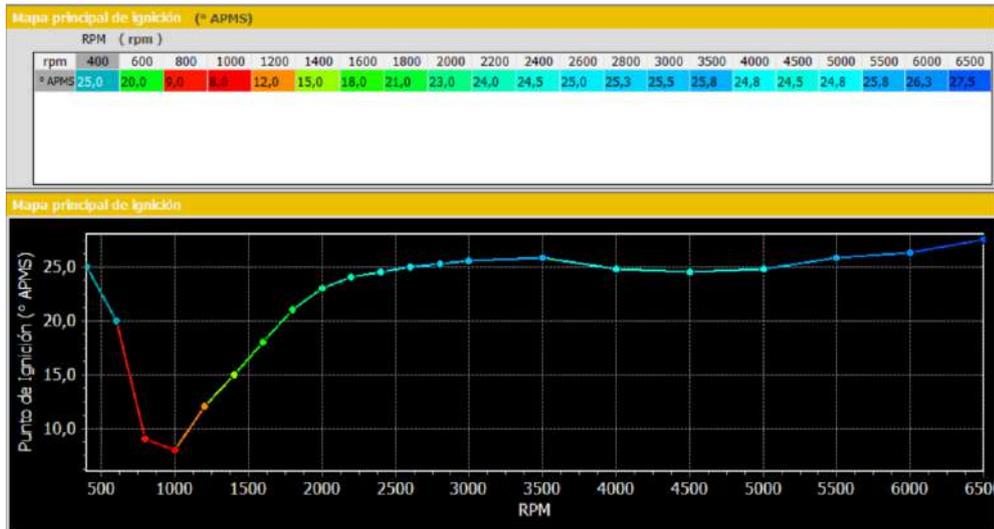
Al realizar todo el procedimiento descrito se realizó el primer arranque del motor, como se puede observar en la ilustración 32-4, el mapa de inyección generado por la plataforma posee tiempos de inyección demasiado elevados lo que repercutiría a un elevado consumo de combustible.



**Ilustración 32-4:** Mapa de inyección generado de manera automática

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la ilustración 32-4 se observa la curva de ignición generada de manera automática por la ECU programable, se puede observar que posee ángulos de avance de ignición bajos, lo cual lo realiza para evitar danos en el motor del vehículo.

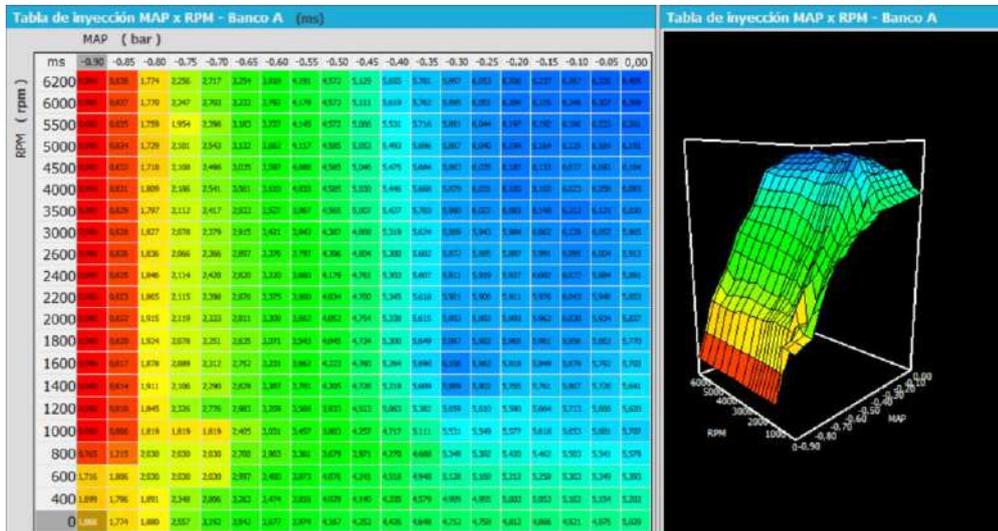


**Ilustración 33-4:** Mapa de ignición generado de manera automática

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

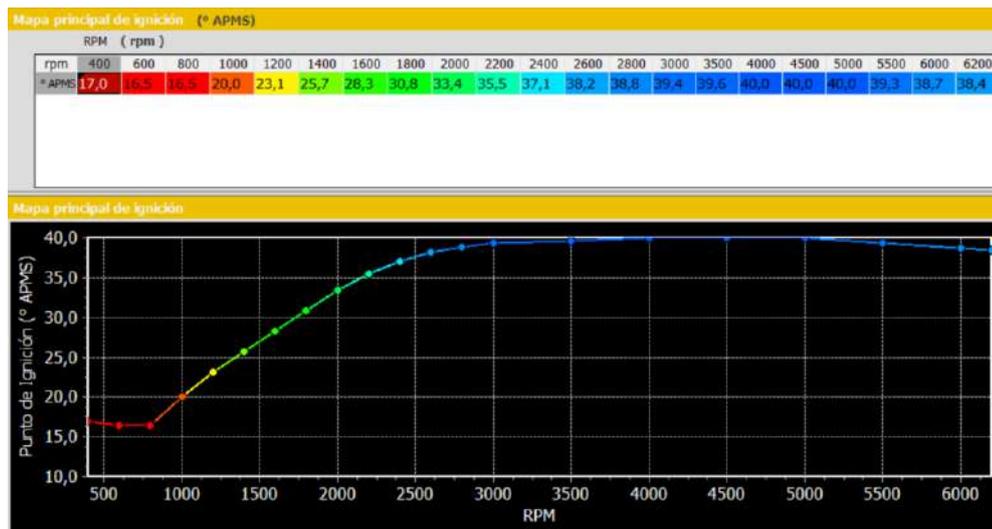
#### 4.3.5.3. Mapa actual de inyección e ignición

Mediante pruebas de conducción y con la ayuda de un sensor de oxígeno externo de banda ancha con un indicador AEM, se realizó la calibración del mapa de inyección tratando de mantener en todo el régimen de funcionamiento del motor una mezcla homogénea de aire/combustible. Con el mapa de inyección que se observa en la ilustración 34-4 de se pretende lograr una reducción de consumo de combustible y el incremento en la potencia y torque del motor del vehículo.



**Ilustración 34-4:** Mapa de inyección, MAP vs RPM actual del vehículo

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022



**Ilustración 35-4:** Curva de ignición actual del vehículo

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

La curva de avance de ignición generada para el vehículo de prueba se observa en la ilustración 35-4, mediante estos grados de avance en el salto de chispa antes del punto muerto superior del vehículo se obtuvo un mayor rendimiento del motor a bajas RPM, de esta forma se logra incrementar el rendimiento del vehículo con una reducción de consumo de combustible.

#### 4.4. Análisis de emisiones contaminantes del vehículo de prueba

Se realizó las pruebas de emisiones de gases contaminantes bajo el proceso de la norma NTE INEN 2203 al vehículo de prueba para los dos sistemas de inyección indirecta (monopunto y multipunto con ECU programable) y si estos cumplen con los límites de emisiones de gases contaminantes establecidos en la norma NTE INEN 2204, además de determinar cuál de estos sistemas de inyección implementados en el vehículo de prueba genera menor emisiones de CO [%v] y HC [ppm].

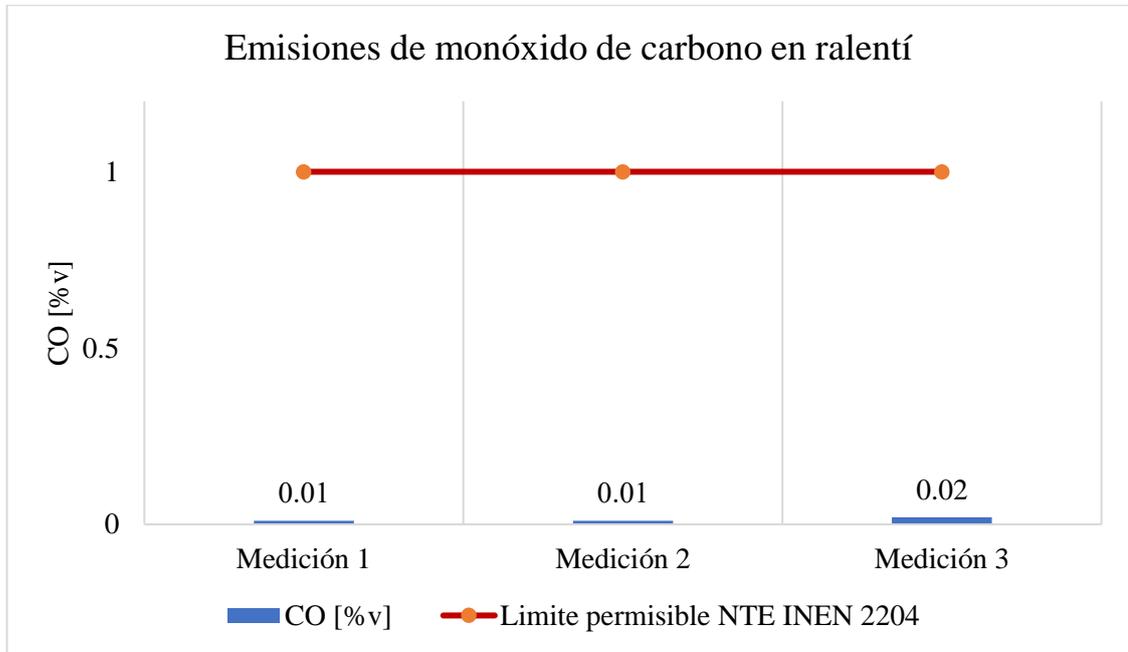
##### 4.4.1. Emisiones contaminantes con el sistema de inyección monopunto

Los resultados de emisiones de gases contaminantes CO [%v] y HC [ppm] para el vehículo de prueba con el sistema de inyección monopunto se las clasificó en las mediciones obtenidas en ralentí y las obtenidas en un régimen de giro alto que se obtuvieron del reporte entregado por el CCICEV.

##### 4.4.1.1. Prueba estática a ralentí

En la ilustración 36-4 el vehículo de prueba con el sistema de inyección monopunto tanto en la medición 1 y medición 2 en ralentí (800 [rpm]) emiten 0.01% de volumen de monóxido de carbono (CO), mientras que en la medición 3 tiene un ligero aumento en su porcentaje de emisiones con 0.02% de volumen de monóxido de carbono (CO) dando un promedio de 0.013% de volumen de monóxido de carbono (CO), teniendo en cuenta que el vehículo de prueba es del

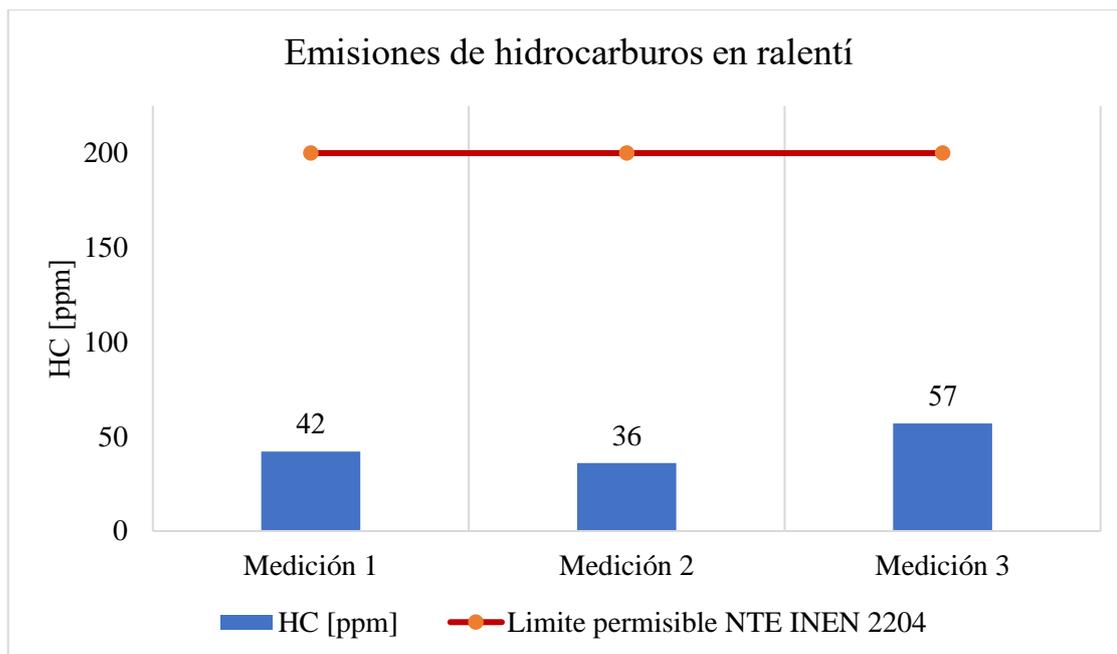
año 2002 y las mediciones fueron realizadas a una altitud de 2850 msnm, de tal manera que el valor promedio de las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204 que en vehículos a gasolina de año modelo 2000 y posteriores el porcentaje de volumen de CO medido de 1500 msnm a 3000 msnm tiene un límite de 1 % para pruebas de marcha mínima o ralenti (prueba estática).



**Ilustración 36-4:** Emisiones de CO en ralenti con el sistema de inyección monopunto

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En cuanto a los hidrocarburos se presentan en la ilustración 37-4 donde el vehículo de prueba con el sistema de inyección monopunto en ralenti (800 [rpm]) la medición 3 cuentan con 57 [ppm] de HC siendo la mayor de todas las mediciones realizadas mientras que la medición 1 y 2 tienen 42 [ppm] de HC y 36 [ppm] de HC respectivamente dando un promedio de 45 [ppm] de HC, teniendo en cuenta que el vehículo de prueba es del año 2002 y las mediciones fueron realizadas a una altitud de 2850 msnm, de tal manera que el valor promedio de las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204 que en vehículos a gasolina de año modelo 2000 y posteriores las partes por millón de HC medidas de 1500 msnm a 3000 msnm tiene un límite de 200 [ppm] para pruebas de marcha mínima o ralenti (prueba estática).

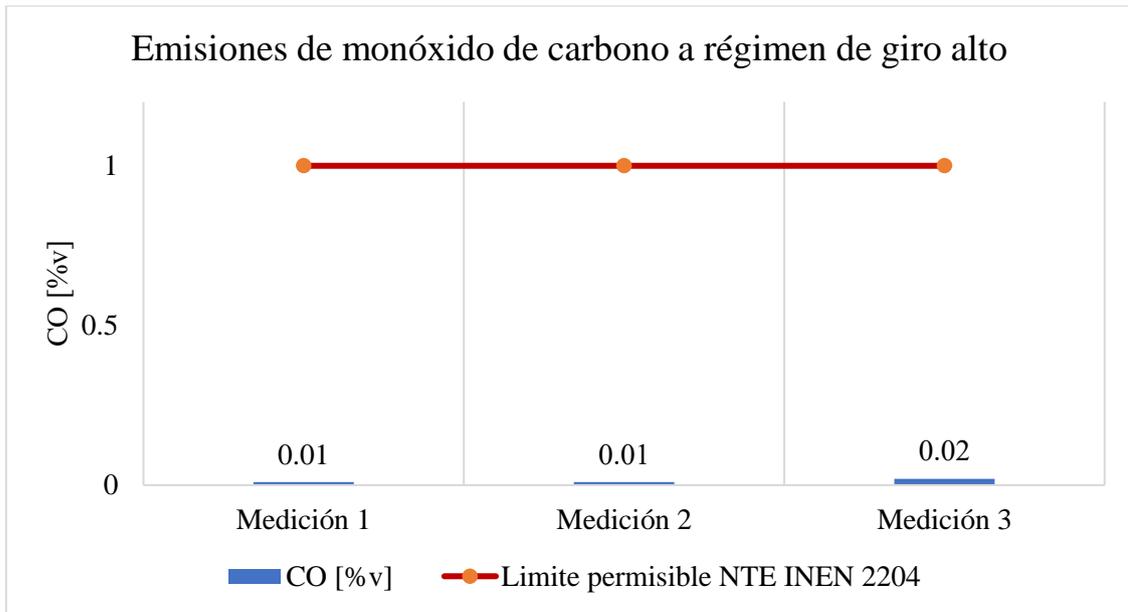


**Ilustración 37-4:** Emisiones de HC en ralentí con el sistema de inyección monopunto

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.4.1.2. Prueba estática a régimen de giro alto

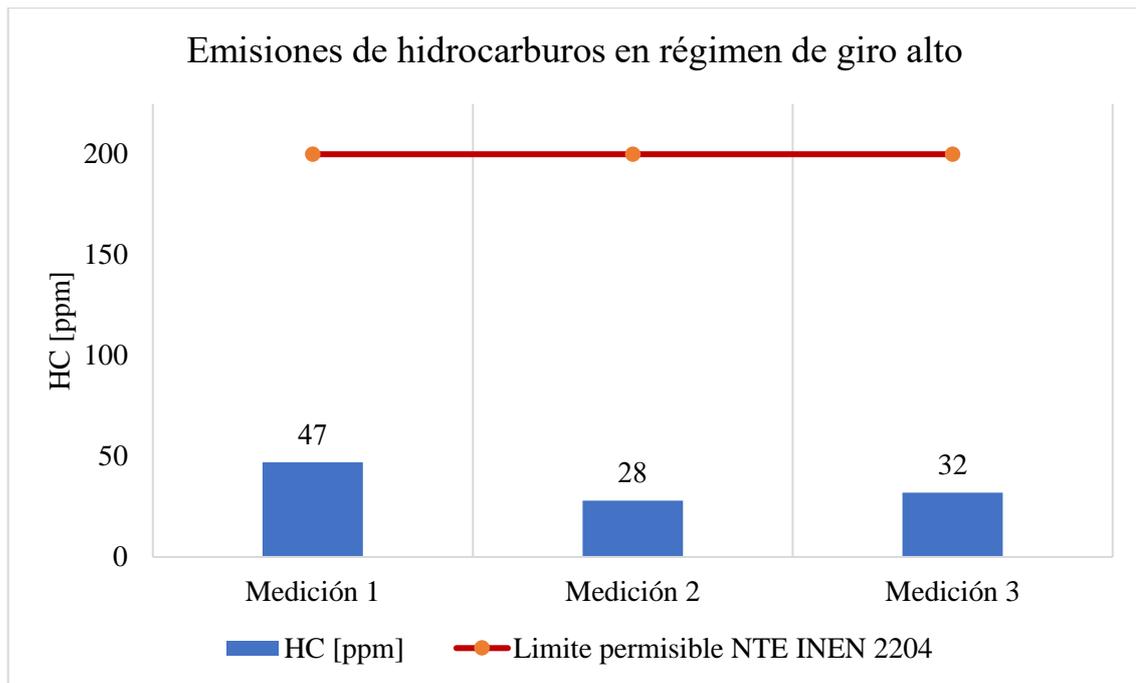
En la ilustración 38-4 el vehículo de prueba con el sistema de inyección monopunto a un régimen de giro de 2500 [rpm] presentó en la medición 1 y medición 2 una emisión del 0.01% de volumen de monóxido de carbono (CO), mientras la medición 3 tiene un ligero aumento en su porcentaje de emisiones con 0.02% de volumen de monóxido de carbono (CO) dando un promedio de 0.013% de volumen de monóxido de carbono (CO) en un régimen de giro alto, dichas mediciones se realizaron a una altitud de 2850 msnm y el año del vehículo de prueba es 2002 en base a los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204 que en vehículos a gasolina de año modelo 2000 y posteriores el porcentaje de volumen de CO medido de 1500 msnm a 3000 msnm tiene un límite de 1 % para pruebas de marcha mínima o ralentí (prueba estática) de tal manera que el valor promedio de las mediciones de porcentaje de volumen de monóxido de carbono en un régimen de giro alto se encuentra dentro de lo establecido por la norma.



**Ilustración 38-4:** Emisiones de CO en régimen de giro alto con el sistema de inyección monopunto

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En cuanto a las mediciones de hidrocarburos a 2500 [rpm] se presentan en la ilustración 39-4, el vehículo de prueba con el sistema de inyección monopunto la medición 1 cuentan con 47 [ppm] de HC siendo la mayor de todas las mediciones realizadas mientras que la medición 2 y 3 tienen 28 [ppm] de HC y 32 [ppm] de HC respectivamente dando un promedio de 35.67 [ppm] de HC, dichas mediciones se realizaron a una altitud de 2850 msnm y el año del vehículo de prueba es 2002 en base a la los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204 que en vehículos a gasolina de año modelo 2000 y posteriores las partes por millón de los HC medido de 1500 msnm a 3000 msnm tiene un límite de 200 [ppm] para pruebas de marcha mínima o ralentí (prueba estática) de tal manera que el valor promedio de las mediciones de partes por millón de hidrocarburos en un régimen de giro alto se encuentra dentro de lo establecido por la norma.



**Ilustración 39-4:** Emisiones de HC en régimen de giro alto con el sistema de inyección monopunto.

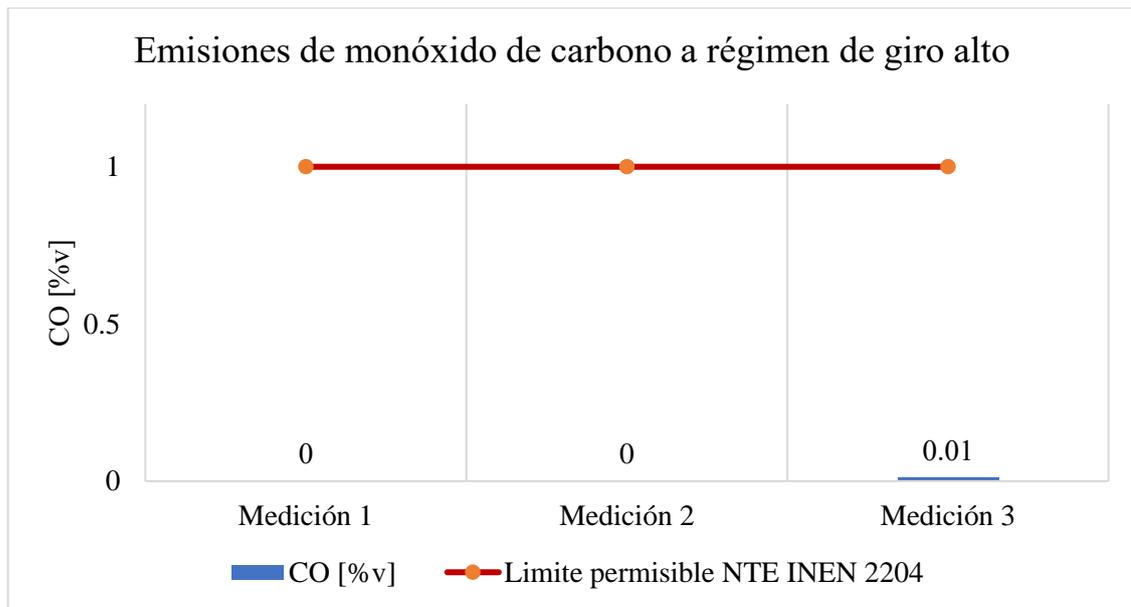
Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.4.2. Emisiones contaminantes con el sistema de inyección multipunto con ECU programable

Después de la adaptación del sistema de inyección actual, se realizó la prueba de emisiones de gases contaminantes en el CCICEV, los resultados de emisiones de gases contaminantes CO [%v] y HC [ppm] para el vehículo de prueba con el sistema de inyección actual se las obtuvo en las mediciones en ralentí y en un régimen de giro alto de acuerdo con la norma NTE INEN 2203.

##### 4.4.2.1. Prueba estática a ralentí

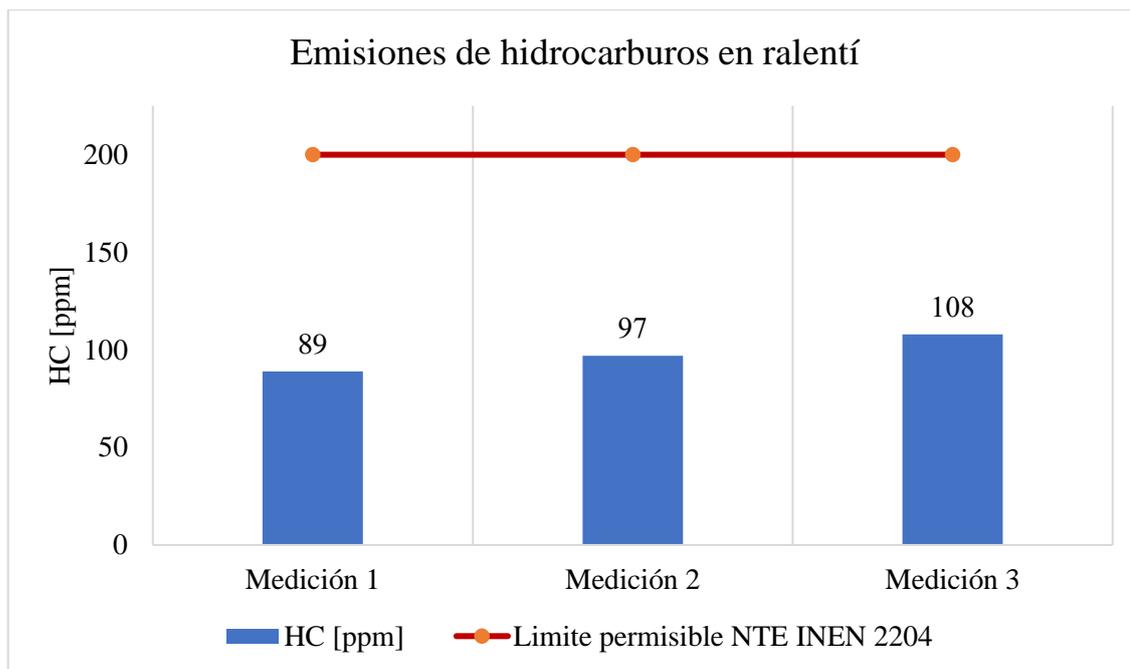
En la ilustración 40-4 el vehículo de prueba con el sistema de inyección multipunto con ECU programable la medición 1 y medición 2 en ralentí (810 [rpm]) emiten 0.00% de volumen de monóxido de carbono (CO), mientras que en la medición 3 (800 [rpm]) tiene un ligero aumento en su porcentaje de emisiones con 0.01% de volumen de monóxido de carbono (CO) dando un promedio de 0.0033% de volumen de monóxido de carbono (CO), teniendo en cuenta que el vehículo de prueba es del año 2002 y las mediciones fueron realizadas a una altitud de 2850 msnm, de tal manera que el valor promedio de las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204, la cual establece que en vehículos a gasolina de año modelo 2000 y posteriores el porcentaje de volumen de CO medido de 1500 msnm a 3000 msnm tiene un límite de 1 % para pruebas de marcha mínima o ralentí (prueba estática).



**Ilustración 40-4:** Emisiones de CO en ralentí con el sistema de inyección multipunto con ECU programable.

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En cuanto a los hidrocarburos (HC) emitidos con el sistema de inyección multipunto con ECU programable se presentan en la ilustración 41-4 en la cual el vehículo de prueba en ralentí (800 [rpm]) la medición 3 es la más alta que cuentan con 108 [ppm] de HC mientras que la medición 1 y 2 tienen 89 [ppm] de HC y 97 [ppm] de HC respectivamente dando un promedio de 98 [ppm] de HC, teniendo en cuenta que el vehículo de prueba es del año 2002 y las mediciones fueron realizadas a una altitud de 2850 msnm, de tal manera que el valor promedio de las mediciones se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204 que establece que en vehículos a gasolina de año modelo 2000 y posteriores las partes por millón de HC medido de 1500 msnm a 3000 msnm tiene un límite de 200 [ppm] para pruebas de marcha mínima o ralentí (prueba estática).

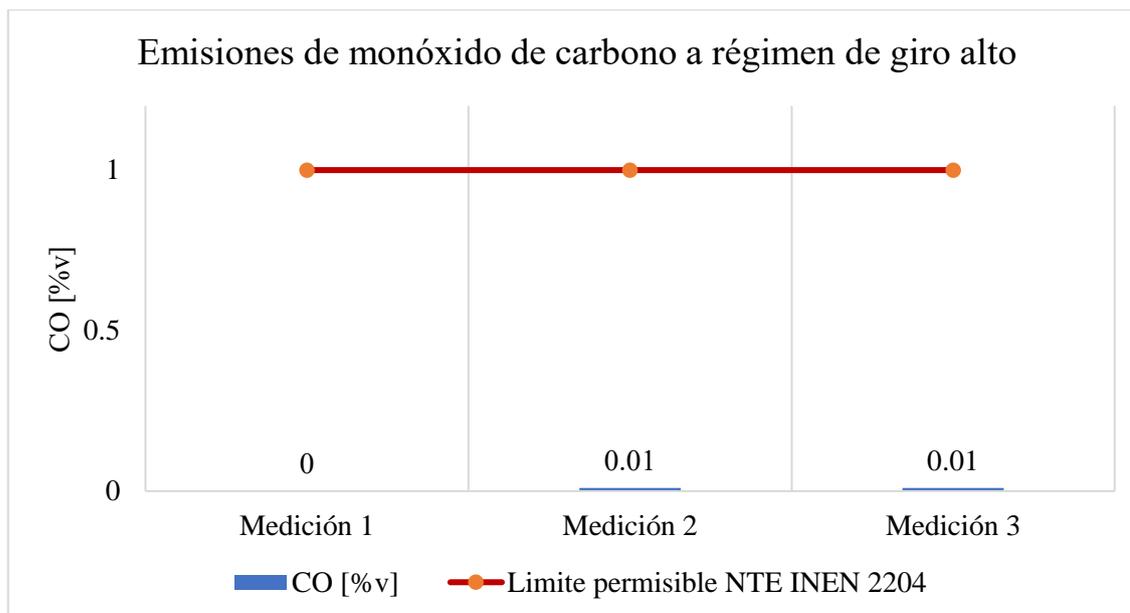


**Ilustración 41-4:** Emisiones de HC en ralentí con el sistema de inyección multipunto con ECU programable

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.4.2.2. Prueba estática a régimen de giro alto

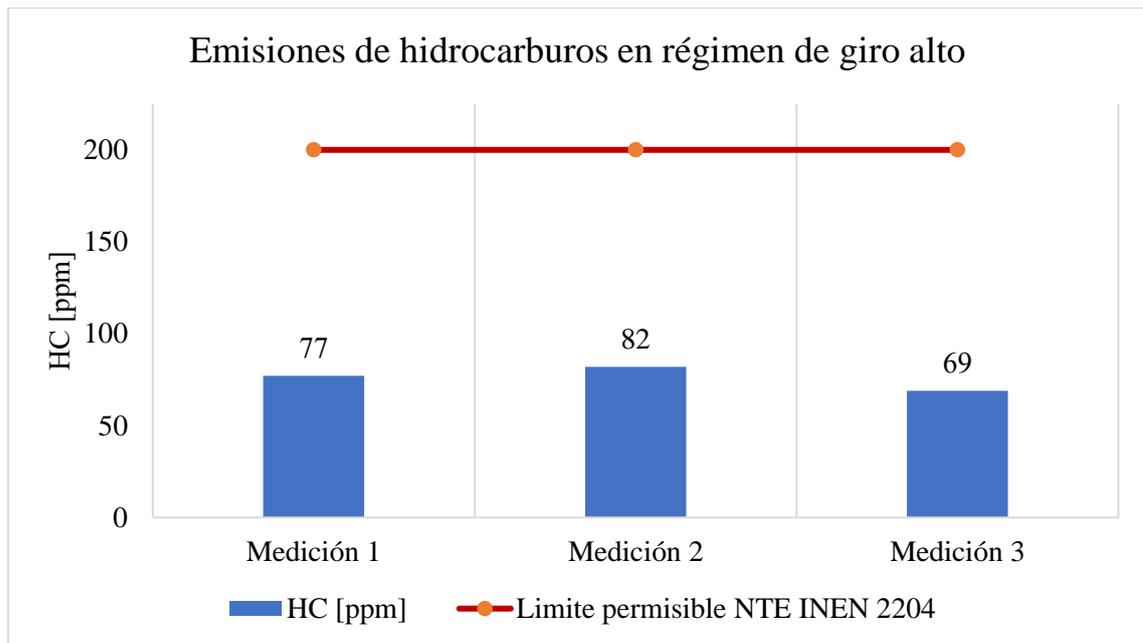
En la ilustración 42-4 el vehículo de prueba con el sistema de inyección multipunto con ECU programable a un régimen de giro de 2500 [rpm] presentó en la medición 2 y medición 3 una emisión del 0.01% de volumen de monóxido de carbono (CO), mientras que en la medición 1 un 0.00% de volumen de monóxido de carbono (CO) dando un promedio de 0.0067% de volumen de monóxido de carbono (CO), dichas mediciones se realizaron a una altitud de 2850 msnm y el año del vehículo de prueba es 2002 en base a los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204 que en vehículos a gasolina de año modelo 2000 y posteriores el porcentaje de volumen de CO medido de 1500 msnm a 3000 msnm tiene un límite de 1 % para pruebas de marcha mínima o ralentí (prueba estática) de tal manera que el valor promedio de las mediciones de porcentaje de volumen de monóxido de carbono (CO) en un régimen de giro alto se encuentra dentro de lo establecido por la norma.



**Ilustración 42-4:** Emisiones de CO en régimen de giro alto con el sistema de inyección multipunto con ECU programable

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Las mediciones de hidrocarburos en la vehículo de prueba con el sistema de inyección multipunto con ECU programable en un régimen de giro alto a 2500 [rpm] se presentan en la ilustración 43-4, donde la medición 2 cuentan con 82 [ppm] de HC siendo la mayor de todas las mediciones realizadas mientras que la medición 1 y 3 tienen 77 [ppm] de HC y 69 [ppm] de HC respectivamente dando un promedio de 76 [ppm] de HC, dichas mediciones se realizaron a una altitud de 2850 msnm y el año del vehículo de prueba es 2002 en base a los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204 que en vehículos a gasolina de año modelo 2000 y posteriores las partes por millón de los HC medido de 1500 msnm a 3000 msnm tiene un límite de 200 [ppm] para pruebas de marcha mínima o ralentí (prueba estática) de tal manera que el valor promedio de las mediciones de partes por millón de hidrocarburos en un régimen de giro alto se encuentra dentro de lo establecido por la norma.



**Ilustración 43-4:** Emisiones de HC en régimen de giro alto con el sistema de inyección multipunto con ECU programable

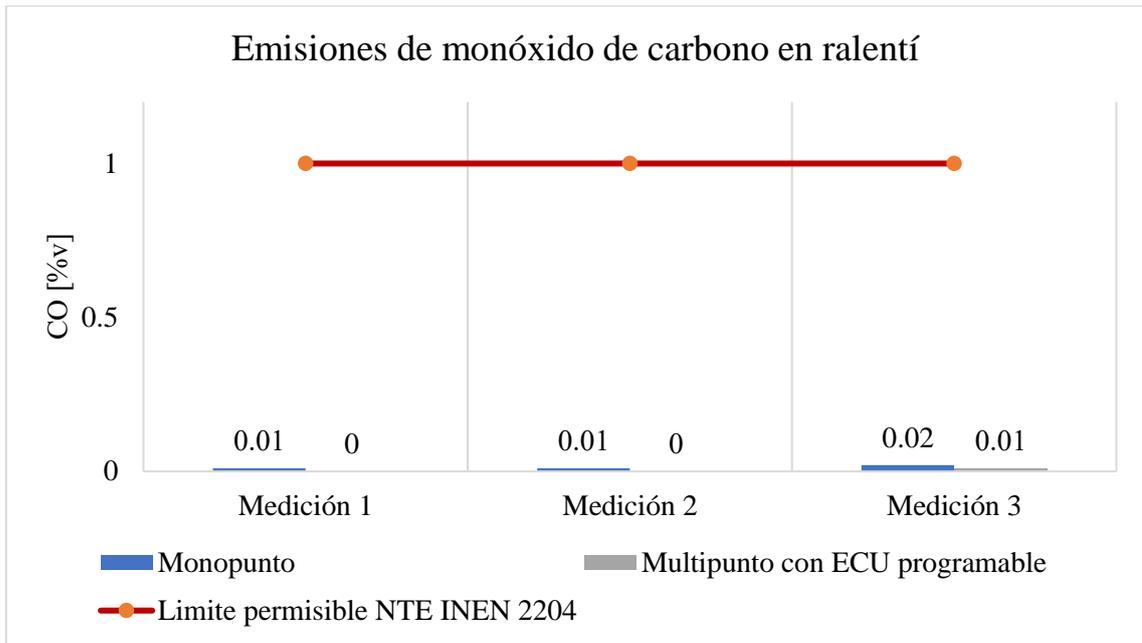
Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.4.3. Comparativa de las emisiones contaminantes entre los sistemas de inyección indirecta monopunto y multipunto con ECU programable

La comparativa de los resultados de emisiones de gases contaminantes CO [%v] y HC [ppm] para el vehículo de prueba con los dos sistemas de inyección (monopunto y multipunto con ECU programable) obtenidos en base a la norma NTE INEN 2203 y delimitados por la norma NTE INEN 2204 para los límites permisibles de emisiones de gases contaminantes se realiza la siguiente comparativa entre las mediciones en ralentí y en un régimen de giro alto.

##### 4.4.3.1. Prueba estática a ralentí

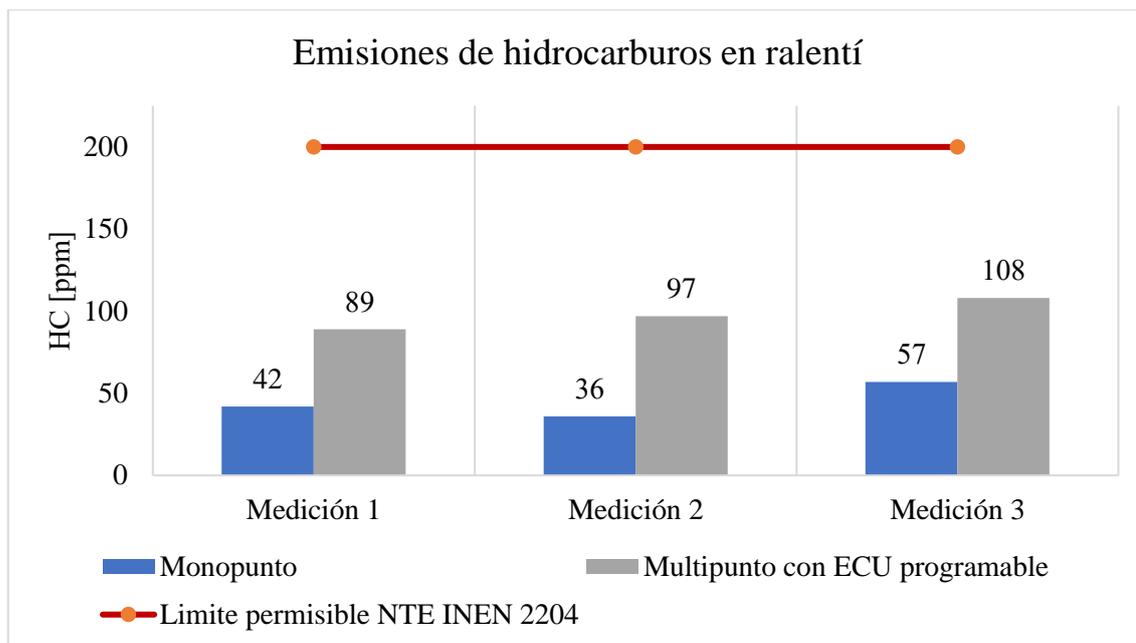
Estas pruebas se realizaron a 2850 msnm con el vehículo Vitara JX a un régimen de giro de 800 [rpm] (ralentí). En la ilustración 44-4 se aprecia los valores de porcentaje de volumen de monóxido de carbono del vehículo de prueba con los dos sistemas de inyección (monopunto y multipunto con ECU programable) en donde durante las tres mediciones realizadas para cada sistema de inyección, el sistema de inyección multipunto con ECU programable presenta menor porcentaje de volumen de monóxido de carbono (CO) en comparación del sistema de inyección monopunto con un promedio de 0.00333 % de volumen de monóxido de carbono (CO) y 0.013% de volumen de monóxido de carbono (CO) respectivamente, sin embargo, los dos sistemas se encuentren debajo del 1% de volumen de monóxido de carbono (CO) que es el límite establecido por la norma NTE INEN 2204 para los vehículos a gasolina del año modelo 2000 y posteriores el porcentaje de volumen de CO medido de 1500 msnm a 3000 msnm para pruebas de marcha mínima o ralentí (prueba estática).



**Ilustración 44-4:** Comparativa de emisiones de CO en ralentí entre los sistemas de inyección monopunto y multipunto con ECU programable

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Estas pruebas se realizaron a 2850 msnm con el vehículo Vitara JX a un régimen de giro de 800 [rpm] (ralentí). En la ilustración 45-4 los hidrocarburos (HC) emitidos del vehículo con el sistema de inyección monopunto presenta una menor emisión de estos en comparación con el sistema de inyección multipunto con ECU programable, con un promedio de 45 [ppm] y 98 [ppm] de hidrocarburos respectivamente, sin embargo, ambos sistemas se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos por la norma NTE INEN 2204 que para vehículos a gasolina de año modelo 2000 y posteriores las partes por millón de HC medidas de 1500 msnm a 3000 msnm tiene un límite de 200 [ppm] para pruebas de marcha mínima o ralentí (prueba estática).

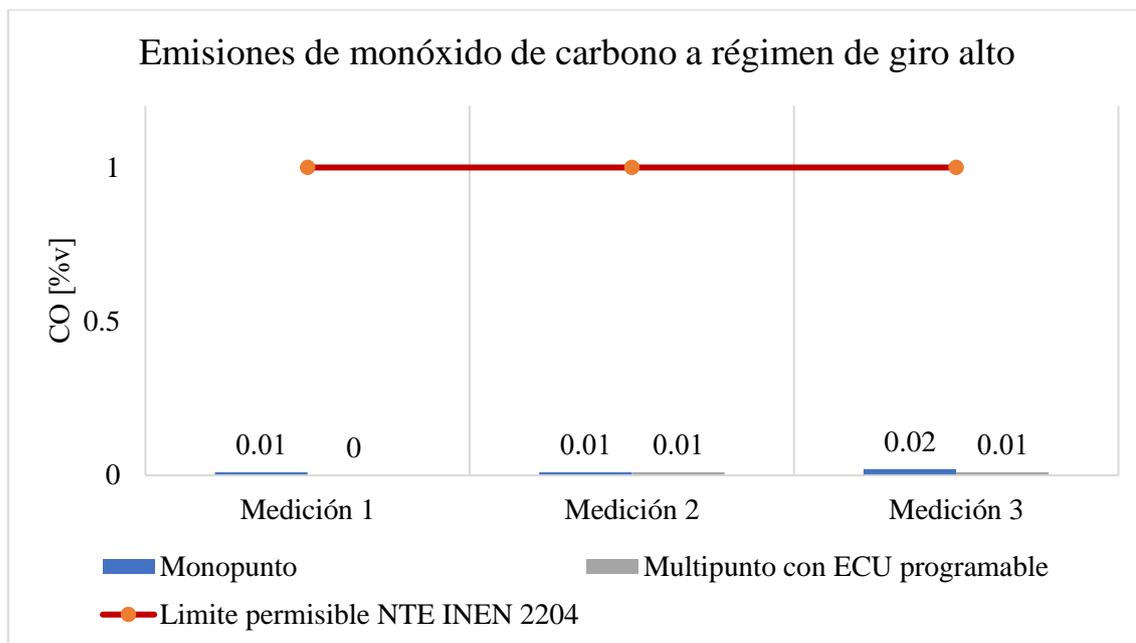


**Ilustración 45-4:** Comparativa de emisiones de HC en ralentí entre los sistemas de inyección monopunto y multipunto con ECU programable

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.4.3.2. Prueba estática a régimen de giro alto

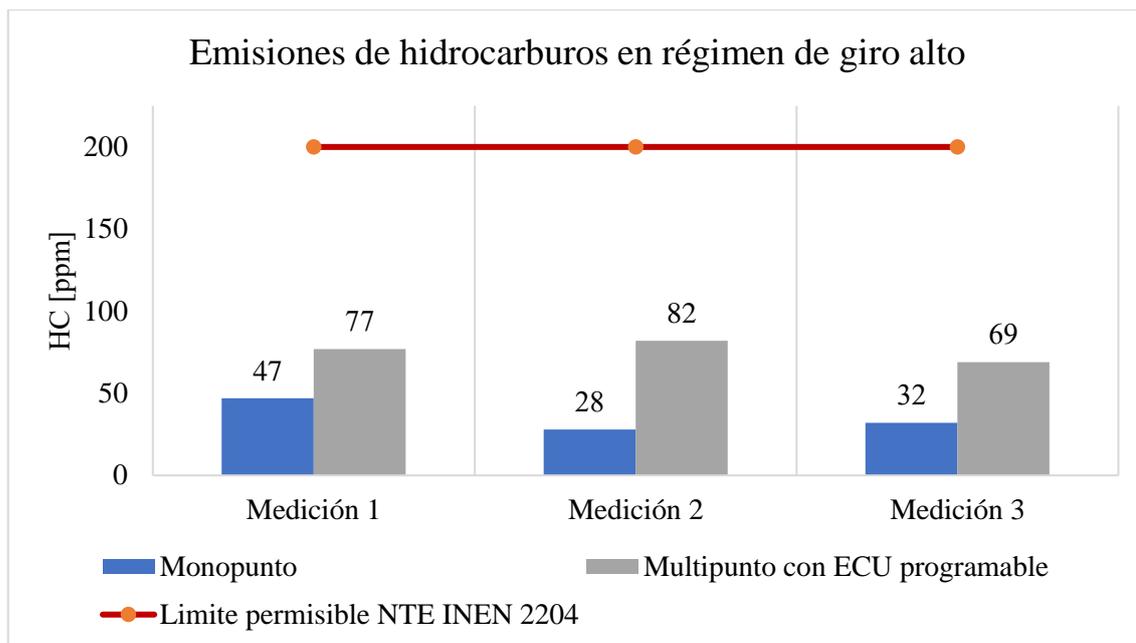
Estas pruebas se realizaron a 2850 msnm con el vehículo Vitara JX a un régimen de giro alto de 2500 RPM. En la ilustración 46-4 el vehículo de prueba con sistema de inyección monopunto obtuvo un valor promedio de 0.013% de volumen de monóxido de carbono (CO), y 0.0067% el sistema de inyección multipunto con ECU programable, presentan una ligera baja de emisiones de monóxido de carbono (CO), de tal manera que en un régimen de giro alto ambos sistemas se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204 que para vehículos a gasolina del año modelo 2000 y posteriores el porcentaje de volumen de CO medido de 1500 msnm a 3000 msnm para pruebas de marcha mínima o ralentí (prueba estática) es del 1% de volumen de monóxido de carbono (CO).



**Ilustración 46-4:** Comparativa de emisiones de CO en régimen de giro alto entre los sistemas de inyección monopunto y multipunto con ECU programable

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la ilustración 47-4, el vehículo de prueba con el sistema de inyección monopunto obtuvo una medición promedio de 35.67 [ppm] de HC y con el sistema de inyección multipunto con ECU programable obtuvo una medición promedio de 76 [ppm], la diferencia porcentual entre ambos sistemas es del 46.93% siendo esta diferencia significativa, sin embargo, teniendo en cuenta los límites establecidos por la norma NTE INEN 2204 es de 200 [ppm] de HC para vehículos a gasolina de año modelo 2000 y posteriores medidas de 1500 msnm a 3000 msnm para pruebas de marcha mínima o ralentí (prueba estática) ambos sistemas de inyección se encuentran dentro de este límite.



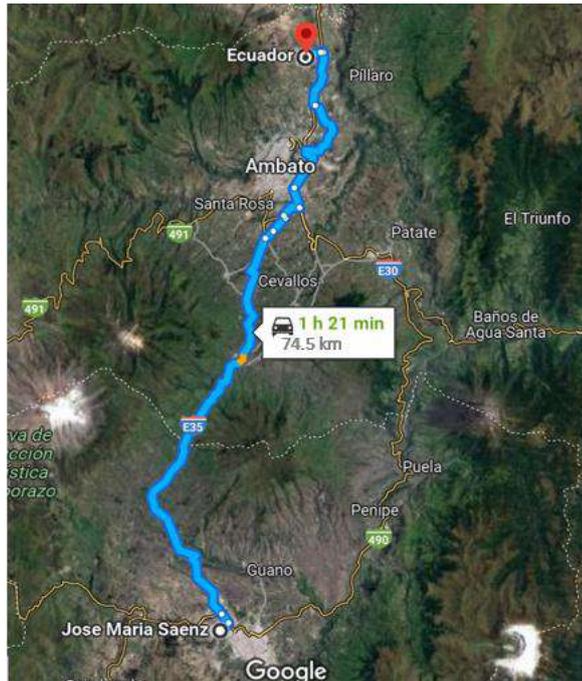
**Ilustración 47-4:** Comparativa de emisiones de HC en régimen de giro alto entre los sistemas de inyección monopunto y multipunto con ECU programable

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.5. Rendimiento de combustible del vehículo de prueba

El rendimiento de combustible del vehículo de prueba con los dos sistemas de inyección indirecta monopunto y multipunto con ECU programable se desarrolló con el protocolo de pruebas de consumo de combustible establecidos en la metodología, donde se obtuvo los siguientes datos: distancia recorrida, perfil de altitud de la ruta, velocidad y consumo de combustible, de tal manera que estos datos permitieron la evaluación del rendimiento de combustible del vehículo de prueba con cada uno de los sistemas de inyección.

Las pruebas de consumo de combustible fueron realizadas en el mes de mayo del 2022 con el sistema de inyección monopunto, mientras que para el sistema de inyección indirecta multipunto con ECU programable se las realizó en el mes de julio del 2022, en ambos sistemas se las realizó durante los días laborables de la semana en específico los días miércoles, jueves y viernes, iniciando a las 8 de la mañana desde el punto de partida establecido en la ruta de prueba ilustración 48-4, la cual contó con 74.5 km de recorrido y un tiempo estimado en recorrer la ruta de 1h y 30 min, dado que alrededor de esta hora se presentan gran afluencia de tráfico.



**Ilustración 48-4:** Ruta de prueba (Riobamba – Ambato)

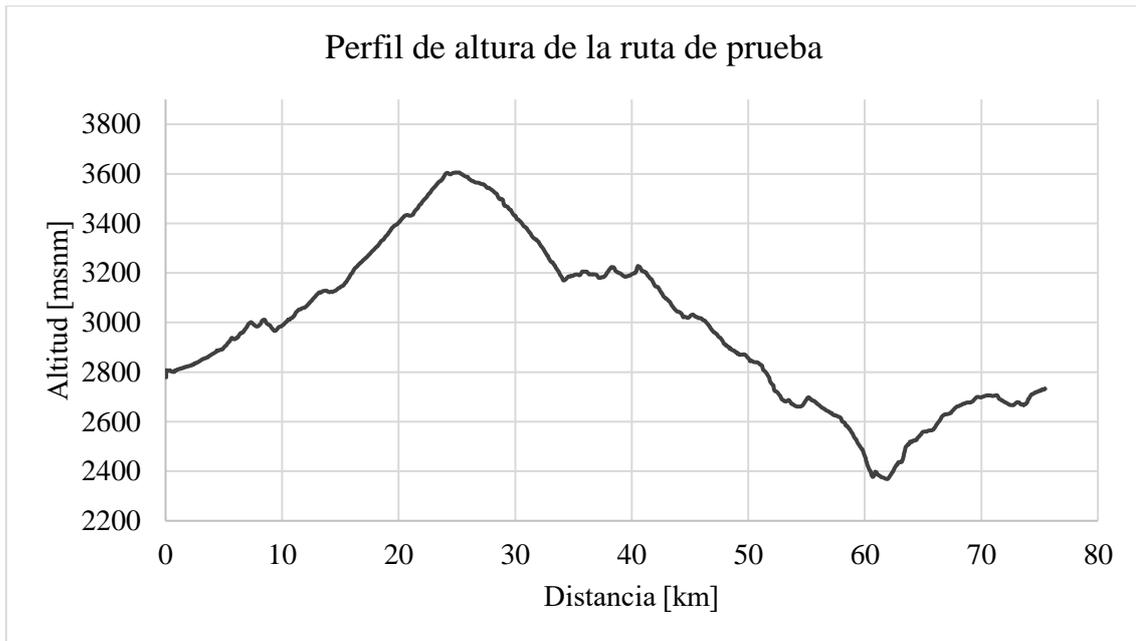
**Fuente:** (Google Maps)

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### ***4.5.1. Graficas de la ruta de prueba relacionadas con el consumo de combustible***

##### ***4.5.1.1. Perfil de altura de la ruta***

En la ilustración 49-4 se presenta el perfil de altura de la ruta de prueba, se puede observar que el perfil de altura es irregular debido a su ubicación geográfica ya que la ruta de prueba está ubicada en la región sierra o interandina, la altitud del punto de inicio es de 2806.541 msnm, siendo este en la ciudad de Riobamba, mientras que la altitud final es de 2733.575 msnm en la ciudad de Ambato, mientras que la altitud máxima y mínima de la ruta es de 3605.394 msnm y 2368.632 msnm respectivamente, la altitud influye significativamente en el consumo de combustible, dado que a mayor altitud menos oxígeno, entonces esta disminución influye en la combustión lo que ocasiona un menor rendimiento de combustible (km/l).



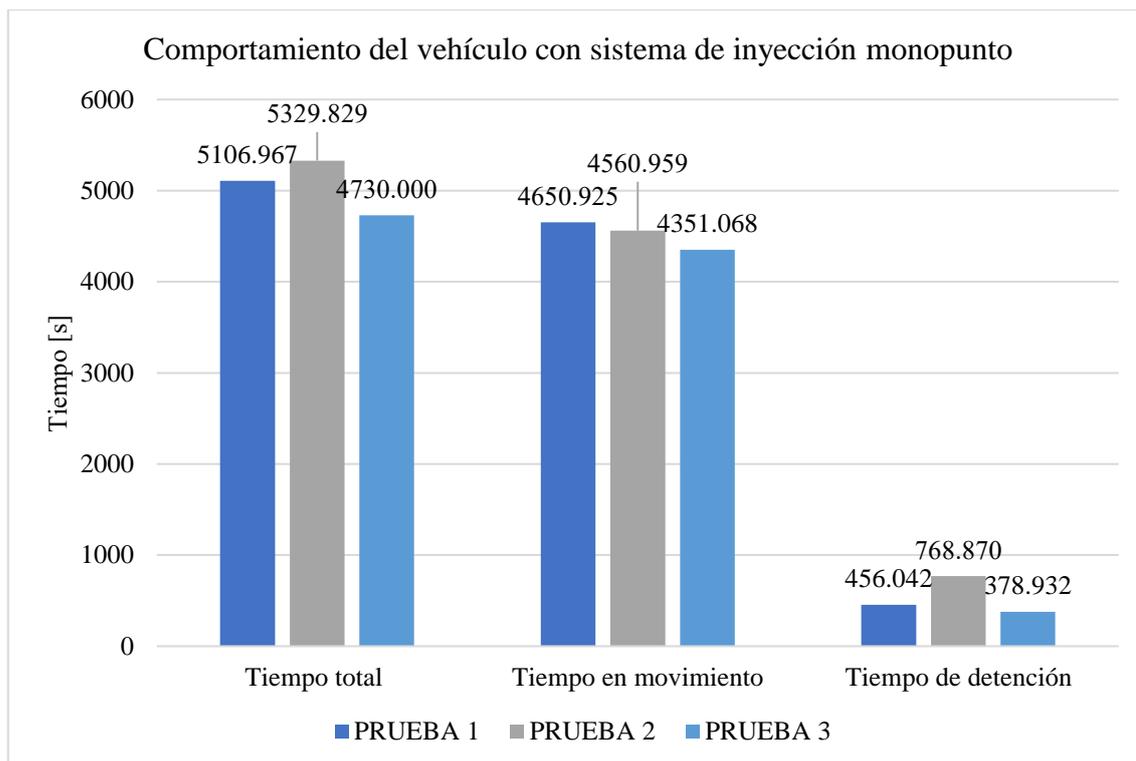
**Ilustración 49-4:** Perfil de altura de la ruta de prueba

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.5.1.2. Comportamiento del vehículo de prueba durante el recorrido de la ruta de prueba

El comportamiento del vehículo en la ruta de prueba durante las pruebas de consumo de combustible para los dos sistemas de inyección anteriormente descritos se tomaron los criterios del tiempo total que tardó el vehículo en recorrer la ruta, así como el tiempo en el que se encontró en movimiento y cuál es el tiempo que se mantuvo detenido, ya sea por presencia de semáforos, presencia de señaléticas de tránsito, tráfico vehicular, etc.

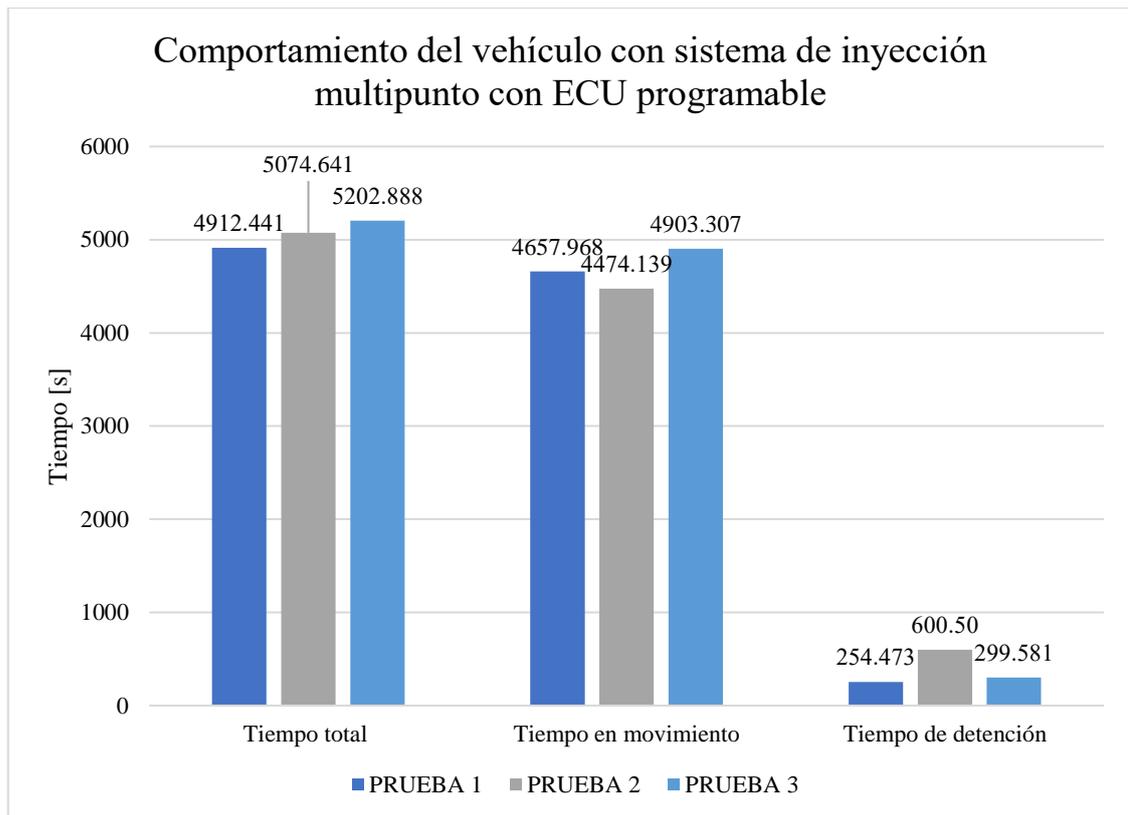
En la ilustración 50-4 se presentan el comportamiento del vehículo con el sistema de inyección monopunto en las 3 pruebas realizadas en la ruta Riobamba – Ambato planteada en la metodología, se observa que la ruta tardó más en completarse en la prueba 2 con 5329.829 segundos totales, de los cuales 5060.959 segundos el vehículo se encontró en movimiento y 768.870 segundos restantes este se mantuvo detenido ya sea por la presencia de los semáforos presentes en la ruta, la señalética de tránsito o presencia de tráfico, mientras que la prueba en la que se completó la ruta con el menor tiempo es la 3, en donde se aprecia que se la completo en 4730.000 segundos, de los cuales únicamente se mantuvo detenido el vehículo 378.932 segundos y los 4351.068 segundos restantes estuvo en movimiento, de esta forma se puede inferir que en la prueba 2 existió mayor afluencia de tráfico mientras que en la prueba 3 es la que cuenta con menor afluencia de tráfico de todas las pruebas realizadas con el sistema de inyección monopunto.



**Ilustración 50-4:** Tiempos de ruta recorrida con el sistema de inyección monopunto

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la ilustración 51-4 se presentan el comportamiento del vehículo con el sistema de inyección multipunto con ECU programable en las 3 pruebas realizadas en la ruta Riobamba – Ambato planteada en la metodología, se observa que la competición de la ruta en las tres pruebas son muy cercanas, dando a entender que la afluencia de tráfico en las 3 pruebas tuvo un comportamiento similar, en donde la ruta que tardo más en completarse fue en la prueba 3 con 5202.888 segundos totales, de los cuales 4903.307 segundos el vehículo se encontró en movimiento y 299.581, mientras que la prueba en la que se completó la ruta con el menor tiempo es la 1, en donde se aprecia que se la completo en 4912.441 segundos, de los cuales únicamente se mantuvo detenido el vehículo 254.473 segundos y los 46573.968 segundos restantes estuvo en movimiento, ya sea por la presencia de los semáforos presentes en la ruta, la señalética de tránsito o presencia de tráfico.



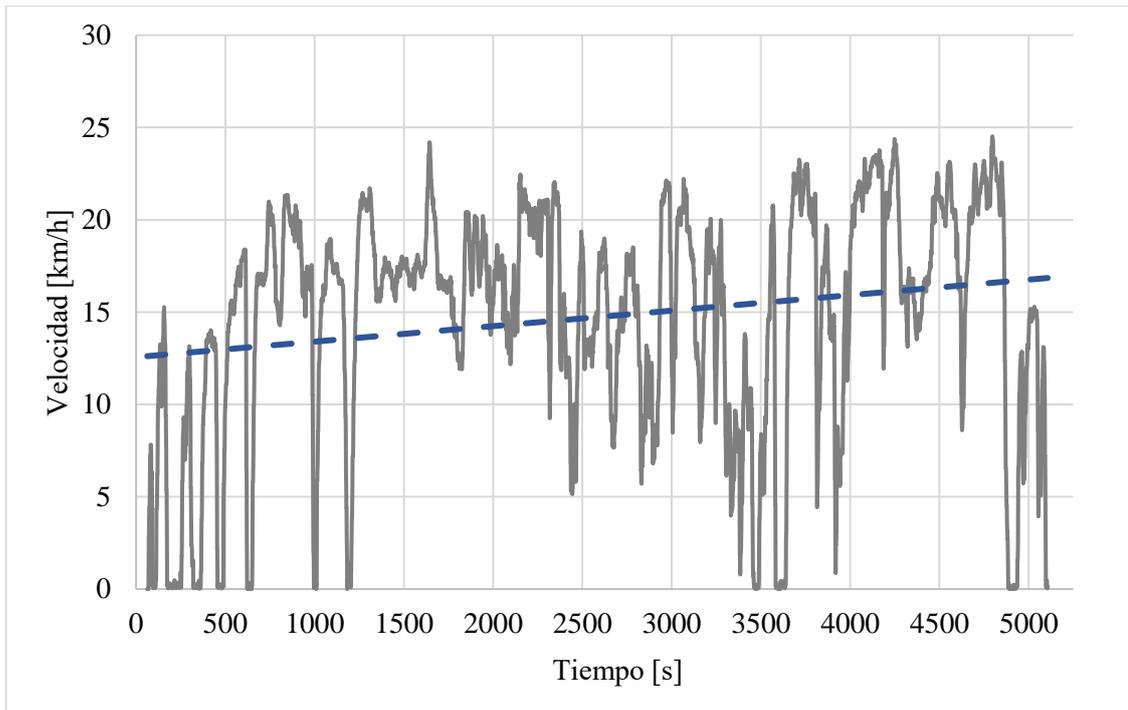
**Ilustración 51-4:** Tiempos de ruta recorrida con el sistema de inyección multipunto con ECU programable

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.5.1.3. Ruta velocidad vs tiempo de las pruebas de consumo de combustible

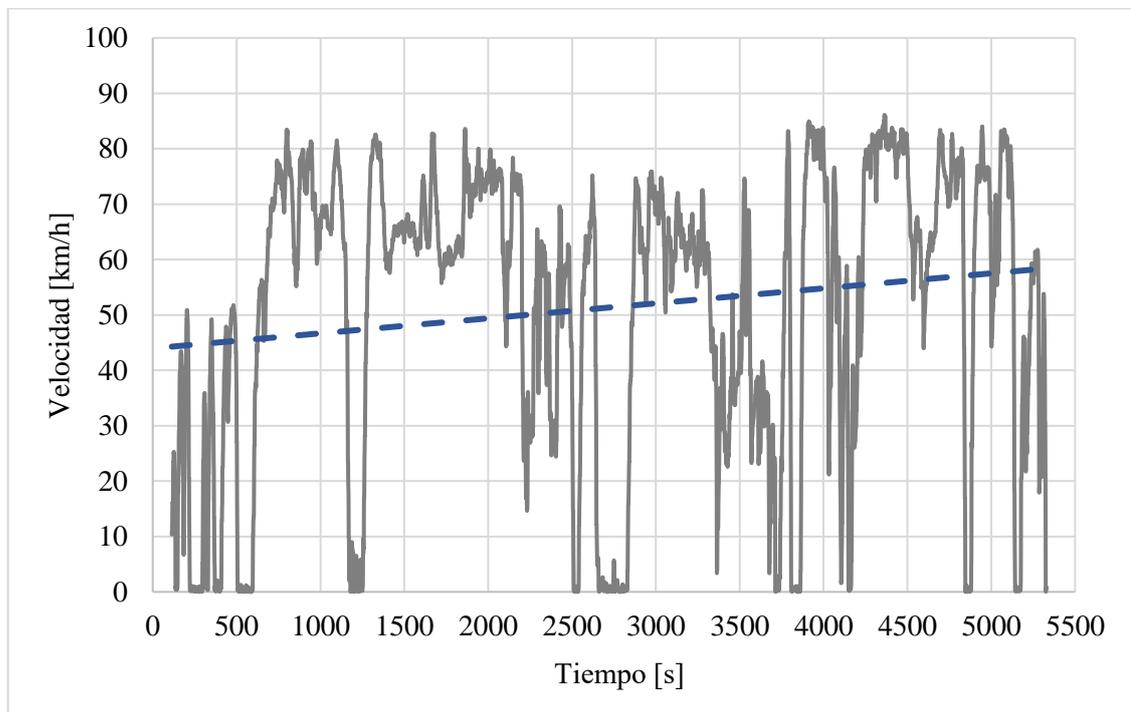
##### 4.5.1.3.1. Ruta velocidad vs tiempo con el sistema de inyección monopunto

En las ilustraciones 52-4, 53-4 y 54-4 se presentan las gráficas de velocidad en función del tiempo para el sistema de inyección monopunto en cada prueba realizada en la ruta Riobamba – Ambato en donde la línea entrecortada de color azul representa la tendencia de la velocidad durante el recorrido, en la cual se puede apreciar el comportamiento de la velocidad del vehículo durante el tiempo que se recorrió la ruta de prueba, también se puede inferir a partir del tiempo total que se tomó por realizar la ruta en cuál de las pruebas hubo mayor existencia de tráfico, además se aprecia una línea de tendencia que nos indica que la velocidad aumenta en función del tiempo, estas ilustraciones se resumen en la tabla 6-4.



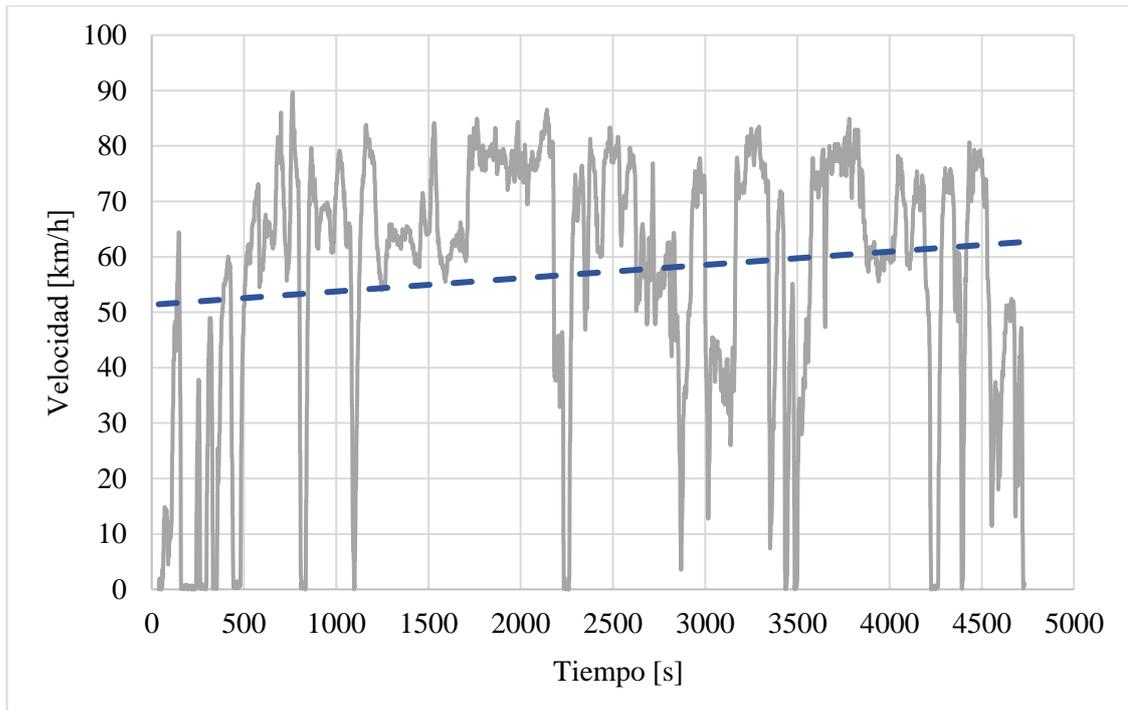
**Ilustración 52-4:** Velocidad vs tiempo de la prueba 1 en la ruta de prueba con el sistema de inyección monopunto

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022



**Ilustración 53-4:** Velocidad vs tiempo de la prueba 2 en la ruta de prueba con el sistema de inyección monopunto

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022



**Ilustración 54-4:** Velocidad vs tiempo de la prueba 3 en la ruta de prueba con el sistema de inyección monopunto

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la tabla 6-4 se presentan de manera resumida los datos relevantes de las ilustraciones 52-4, 53-4 y 54-4 en base al número de prueba que corresponde cada una, la tabla nos indica que la prueba 2 tiene el tiempo más alto de recorrido de 1.481 horas mientras que el tiempo de menor recorrido fue en la prueba 3 con un tiempo de 1.314 horas, de tal manera nos indica que en la prueba 3 existió menor fluencia de tráfico con respecto a las otras pruebas, además de que cuenta con los valores más altos de velocidad máxima alcanzada, velocidad promedio, velocidad mínima de tendencia y velocidad máxima de tendencia.

Teniendo en cuenta los parámetros planteados en la metodología donde los límites de velocidad que existentes en la ruta son de 30 [km/h] a 90 [km/h] y que la velocidad ideal de circulación es de 50 [km/h] se puede apreciar que entre las pruebas realizadas en ninguna se sobrepasó el límite de velocidad de 90 [km/h] además que en la velocidad ideal se mantuvo cerca de esta.

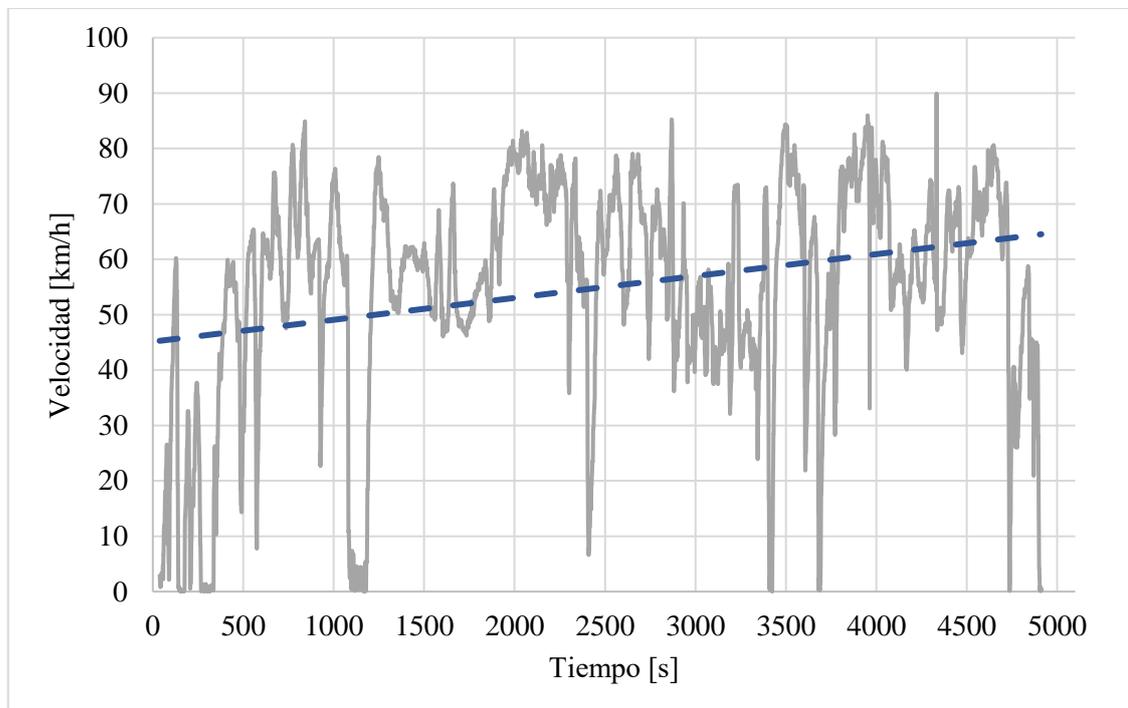
**Tabla 6-4:** Resumen de las gráficas de velocidad vs tiempo del sistema de inyección monopunto

	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
Tiempo de recorrido [s]	5106.967	5329.829	4730.000
Tiempo de recorrido [h]	1.419	1.481	1.314
Velocidad máxima alcanzada [km/h]	87.732	86.105	89.640
Velocidad promedio [km/h]	53.041	51.335	57.066
<b>Tendencia de la velocidad</b>			
Velocidad mínima de tendencia [km/h]	45.409	44.27	51.444
Velocidad máxima de tendencia [km/h]	60.542	58.354	62.705

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

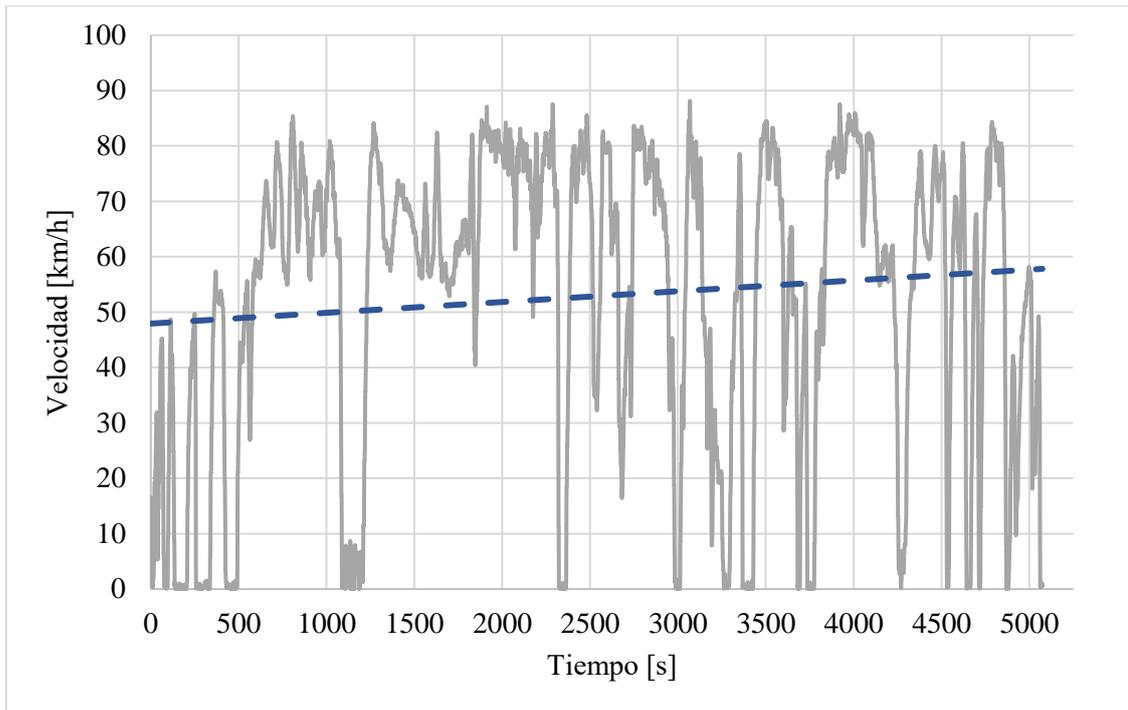
4.5.1.3.2. *Ruta velocidad vs tiempo con el sistema de inyección indirecta multipunto con ECU programable*

En las ilustraciones 55-4, 56-4 y 57-4 se presentan las gráficas de velocidad en función del tiempo para el sistema de inyección multipunto con ECU programable en la ruta Riobamba – Ambato, en la cual se puede apreciar el comportamiento de la velocidad del vehículo durante el tiempo que se recorrió la ruta de prueba, en donde la línea entrecortada de color azul representa la tendencia de la velocidad durante la prueba, estas ilustraciones se resumen en la tabla 7-4.



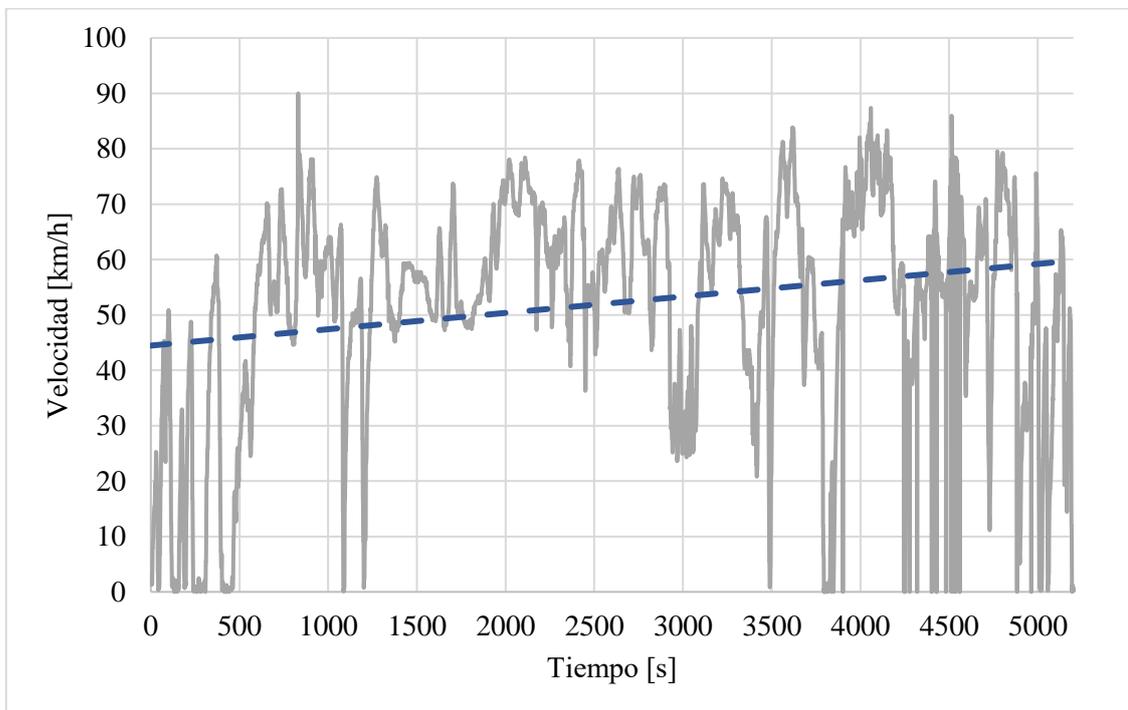
**Ilustración 55-4:** Velocidad vs tiempo de la prueba 1 en la ruta de prueba con el sistema de inyección multipunto con ECU programable

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022



**Ilustración 56-4:** Velocidad vs tiempo de la prueba 2 en la ruta de prueba con el sistema de inyección multipunto con ECU programable

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022



**Ilustración 57-4:** Velocidad vs tiempo de la prueba 3 en la ruta de prueba con el sistema de inyección multipunto con ECU programable

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la tabla 7-4 se presentan de manera resumida los datos relevantes de las ilustraciones 55-4, 56-4 y 57-4, la tabla nos indica que durante la realización de las 3 pruebas se mantuvo los parámetros planteados en la metodología donde los límites de velocidad que existentes en la ruta son de 30 [km/h] a 90 [km/h] y la velocidad ideal de circulación es de 50 [km/h], además de que los tiempos de recorrido de la ruta no tienen una variación significativa al igual que su velocidad promedio.

**Tabla 7-4:** Resumen de las gráficas de velocidad vs tiempo del sistema de inyección multipunto con ECU programable

	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Prueba 3</b>
Tiempo de recorrido [s]	4912.441	5074.641	5202.888
Tiempo de recorrido [h]	1.365	1.410	1.445
Velocidad máxima alcanzada [km/h]	89.888	88.110	89.996
Velocidad promedio [km/h]	54.888	52.872	52.051
<b>Tendencia de la velocidad</b>			
Velocidad mínima de tendencia [km/h]	45.263	47.931	44.467
Velocidad máxima de tendencia [km/h]	54.751	57.571	59.552

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.5.2. Rendimiento de combustible con el sistema de inyección monopunto

En la tabla 8-4 se presentan las mediciones obtenidas después de realizar las 3 pruebas en la ruta Riobamba – Ambato, además de repetir las mediciones de las pruebas 4 veces para determinar el error de medición, en la tabla se puede observar que en la medición de la prueba 3 es donde existe el menor consumo de combustible, en relación con los valores de la tabla 3-3, se muestra que en la prueba 3 cuenta con el menor tiempo al recorrer la distancia de la ruta, mientras que en la medición de la prueba 2 tiene el mayor consumo de combustible dado que esta cuenta con el mayor tiempo al recorrer toda la ruta de prueba, donde se muestra que a mayor presencia de tráfico existe un mayor tiempo de recorrido y por ende un mayor consumo de combustible.

**Tabla 8-4:** Consumo de combustible con el sistema de inyección monopunto

<b>Consumo de combustible con el sistema de inyección monopunto</b>				
<b>Tipo de combustible</b>		Gasolina Extra	<b>Distancia recorrida [km]: 74.5</b>	
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Medición prueba 1</b>	<b>Medición prueba 2</b>	<b>Medición prueba 3</b>
<b>Consumo</b>	[l]	6.75000	6.88500	6.35000
		6.75100	6.90000	6.37000
		6.74200	6.91000	6.35000
		6.73200	6.89000	6.32000
<b>Promedio</b>	[l]	6.74375	6.89625	6.34750

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

El cálculo del error de medición se lo realizó con los valores promedio obtenidos de la tabla 8-4, en la tabla 9-4 se presenta el consumo de combustible del vehículo de prueba con el sistema de inyección monopunto en la ruta Riobamba – Ambato con el error que presenta la herramienta de medición para cada una de estas pruebas siendo inferior al 1% de error.

**Tabla 9-4:** Error de medición del combustible con el sistema de inyección monopunto

<b>Error de medición</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Medición prueba 1</b>	<b>Medición prueba 2</b>	<b>Medición prueba 1</b>
Valor promedio	[l]	6.74375	6.89625	6.34750
Error absoluto		0.00675	0.00875	0.01375
Error relativo	-	0.00100	0.00127	0.00217
Error porcentual	[%]	0.10009	0.12688	0.21662

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la tabla 10-4 se presenta el rendimiento de combustible del Vitara JX con el sistema de inyección monopunto, el cual fue de 11.18199 [km/l] teniendo en cuenta que el consumo promedio de combustible fue de 6.66250 [l] en la ruta de prueba, es decir que por cada litro de combustible (gasolina Extra) que consumió el vehículo con este sistema de inyección se recorrió aproximadamente 11.18199 [km].

**Tabla 10-4:** Rendimiento del combustible con el sistema de inyección monopunto

<b>Ruta de prueba [km]</b>		74.5
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores</b>
<b>Consumo promedio</b>	[l]	6.66250
<b>Rendimiento</b>	[km/l]	11.18199
	[km/gal]	42.32844

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### **4.5.3. Rendimiento de combustible con el sistema de inyección multipunto con ECU programable**

En la tabla 11-4 se presentan las mediciones obtenidas después de realizar las 3 pruebas en la ruta Riobamba – Ambato, además de repetir las mediciones 4 veces para posteriormente determinar el error de medición, en cuando a la información presentada en la tabla se puede observar que en las 3 mediciones se presentan un consumo similar teniendo en cuenta que los tiempos de recorrido presentados en la ilustración 51-4 no presentan una variación significativa al igual que los valores de velocidad promedio y los máximos y mínimos de la tendencia de la velocidad.

**Tabla 11-4:** Consumo de combustible con el sistema de inyección multipunto con ECU programable

<b>Consumo de combustible con el sistema de inyección multipunto con ECU programable</b>				
<b>Tipo de combustible</b>		Gasolina Extra	<b>Distancia recorrida [km]: 74.5</b>	
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Medición prueba 1</b>	<b>Medición prueba 2</b>	<b>Medición prueba 1</b>
<b>Consumo</b>	[l]	6.35000	6.27000	6.30000
		6.35000	6.25500	6.28000
		6.33500	6.29000	6.29000
		6.33500	6.25500	6.30000
<b>Promedio</b>	[l]	6.34250	6.26750	6.29250

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

El cálculo del error de medición se lo realizó con los valores promedio obtenidos de la tabla 11-4, en la tabla 12-4 se presenta el consumo de combustible del vehículo de prueba con el sistema de inyección multipunto con ECU programable en la ruta Riobamba – Ambato en las diferentes pruebas y en la cual se calcula el error de medición que se obtuvo durante la toma de las medidas siendo el error porcentual inferior al 1% se considerada un valor aceptable de error para medición de combustible.

**Tabla 12-4:** Error de medición del combustible con el sistema de inyección multipunto con ECU programable

<b>Error de medición</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Medición prueba 1</b>	<b>Medición prueba 2</b>	<b>Medición prueba 1</b>
Valor promedio	[l]	6.34250	6.26750	6.29250
Error absoluto		0.00750	0.01250	0.00750
Error relativo	-	0.00118	0.00199	0.00119
Error porcentual	[%]	0.11800	0.19900	0.11900

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

En la tabla 13-4 se presenta el rendimiento de combustible del Vitara JX con el sistema de inyección multipunto con ECU programable, el cual fue de 11.82384 [km/l] teniendo en cuenta que el consumo de combustible fue de 6.30084 [l] en la ruta de prueba, es decir que por cada litro de combustible (gasolina Extra) consumido por el vehículo con este sistema de inyección se recorrió de 11.82384 [km].

**Tabla 13-4:** Rendimiento del combustible con el sistema de inyección multipunto con ECU programable

<b>Ruta de prueba [km]</b>		74.5
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores</b>
<b>Consumo promedio</b>	[l]	6.30083
<b>Rendimiento</b>	[km/l]	11.82384
	[km/gal]	44.75323

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

**4.5.4. Comparativa del rendimiento de combustible entre los sistemas de inyección indirecta monopunto y multipunto con ECU programable**

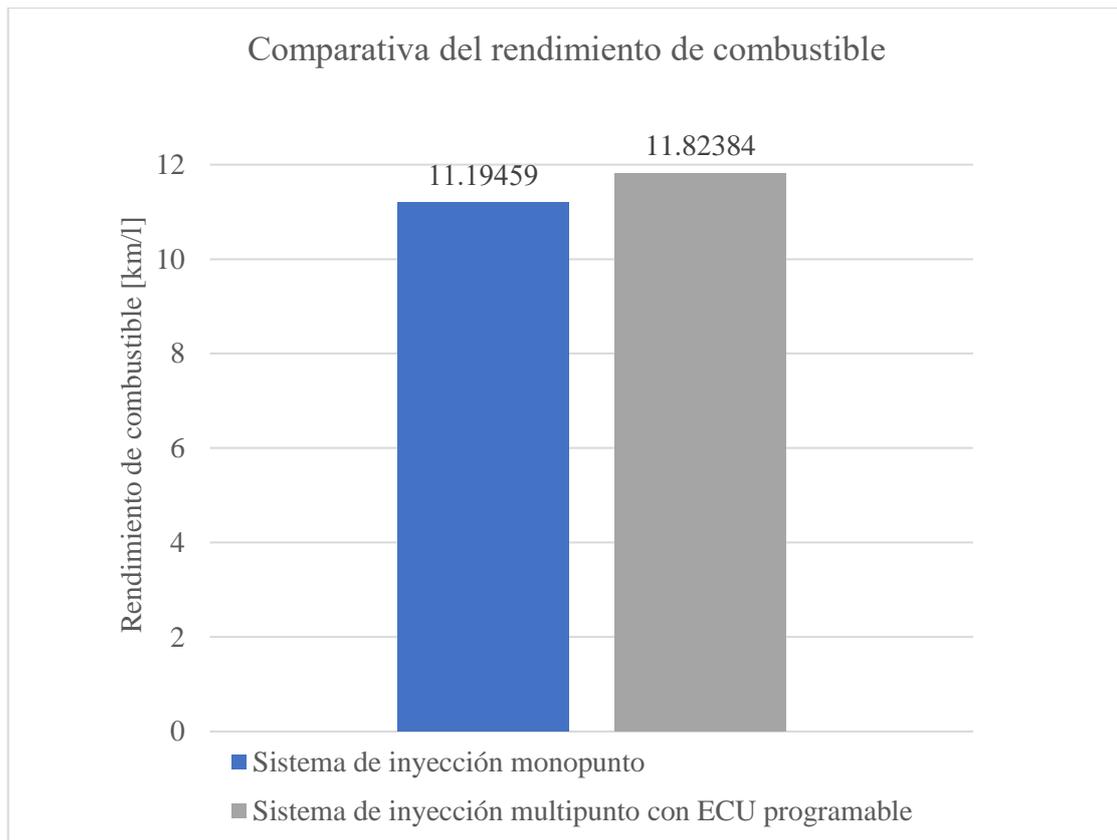
En la tabla 14-4 se presenta la recopilación de los valores obtenidos del rendimiento de combustible con los dos sistemas de inyección, así como sus errores de medición.

**Tabla 14-4:** Rendimiento del combustible con el sistema de inyección monopunto y multipunto con ECU programable

<b>Tipo de combustible:</b>	<b>Distancia recorrida:</b>	<b>Sistema de inyección monopunto</b>	<b>Sistema de inyección multipunto con ECU programable</b>
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>		
Gasolina Extra	74.5 [km]		
Consumo	[l]	6.66250	6.30083
Rendimiento	[km/l]	11.18199	11.82384
	[km/gal]	42.32844	44.75323

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

La ilustración 58-4 se presenta el rendimiento de combustible entre los dos sistemas de inyección implementados en el vehículo de prueba (Vitara JX) se obtuvo un rendimiento de combustible de 11.1 [km/l] con el sistema de inyección monopunto mientras que con el sistema de inyección multipunto con ECU programable se obtuvo un rendimiento del combustible de 11.82384 [km/l], lo que equivale a una diferencia en el rendimiento de combustible de 5.43 [%].



**Ilustración 58-4:** Comparativa del consumo de combustible del Vitará JX con el sistema de inyección monopunto y multipunto con ECU programable

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.6. Curvas de torque y potencia resultantes del vehículo de prueba

La obtención de las curvas de torque y potencia del vehículo de prueba se obtuvieron en el dinamómetro de chasis 2WD BPA-2R HP (Alto Rendimiento) de la marca Bapro con los dos sistemas de inyección indirecta (monopunto y multipunto con ECU programable) a una altitud de 2577 msnm, realizando 3 pruebas por cada sistema de inyección y obteniendo un promedio por cada uno de estos, en donde tanto torque como potencia tienen un valor de revoluciones por minuto o RPM al cual alcanzan su valor máximo, en donde los valores de torque y potencia son a las ruedas del vehículo.

##### 4.6.1. Curvas de torque y potencia con el sistema de inyección monopunto

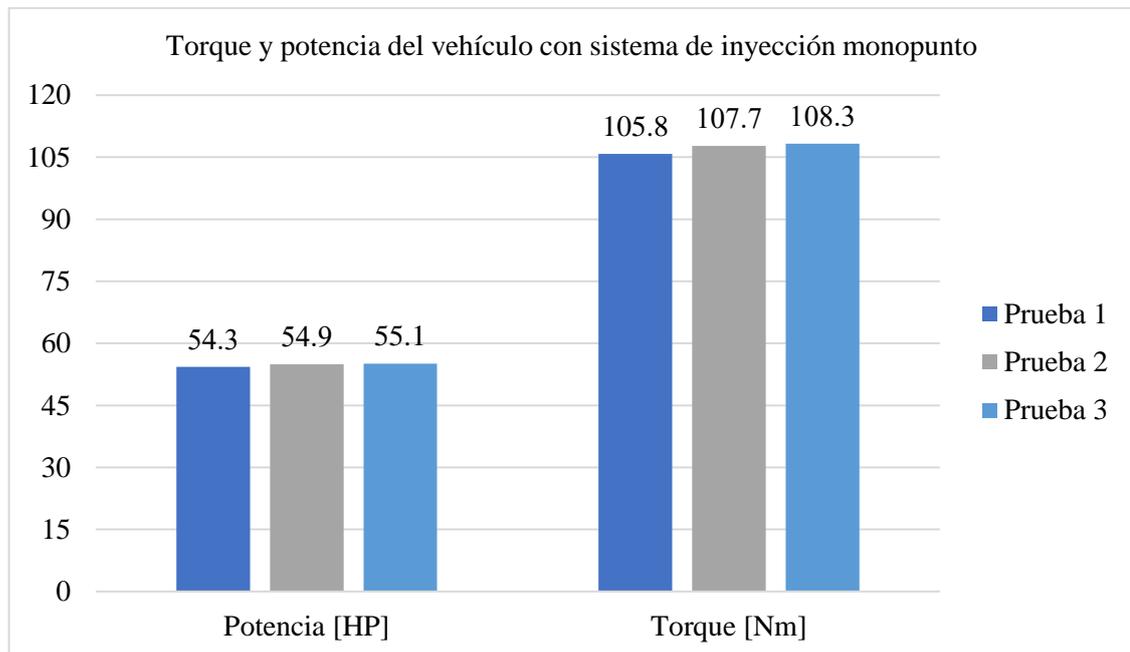
En la tabla 15-4 se presenta los valores máximos de torque y potencia obtenidos en las 3 pruebas en el banco dinamométrico en donde se evidenció que el Vitará JX con el sistema de inyección monopunto alcanza su máxima potencia a los 4750 [rpm] y su torque máximo a las 2750 [rpm] en las 3 pruebas, en donde el rango de la potencia obtenida en las pruebas va desde 54.3 [Hp] a 55.1 [Hp] teniendo una diferencia de 0.8 [Hp] mientras que el torque va desde 105.8 [Nm] a 108.3 [Nm] con una diferencia de 2.5 [Nm], en la ilustración 59-4 se presenta la comparativa grafica de

los valores de torque y potencia máximos obtenidos en las pruebas del dinamómetro en donde se puede apreciar que la variación entre estos no es significativa.

**Tabla 15-4:** Valores de torque y potencia del vehículo con el sistema de inyección monopunto

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Régimen de revoluciones [rpm]
<b>Potencia [Hp]</b>	54.3	54.9	55.1	4750
<b>Torque [Nm]</b>	105.8	107.7	108.3	2750

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022



**Ilustración 59-4:** Comparativa de las pruebas de torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección monopunto

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

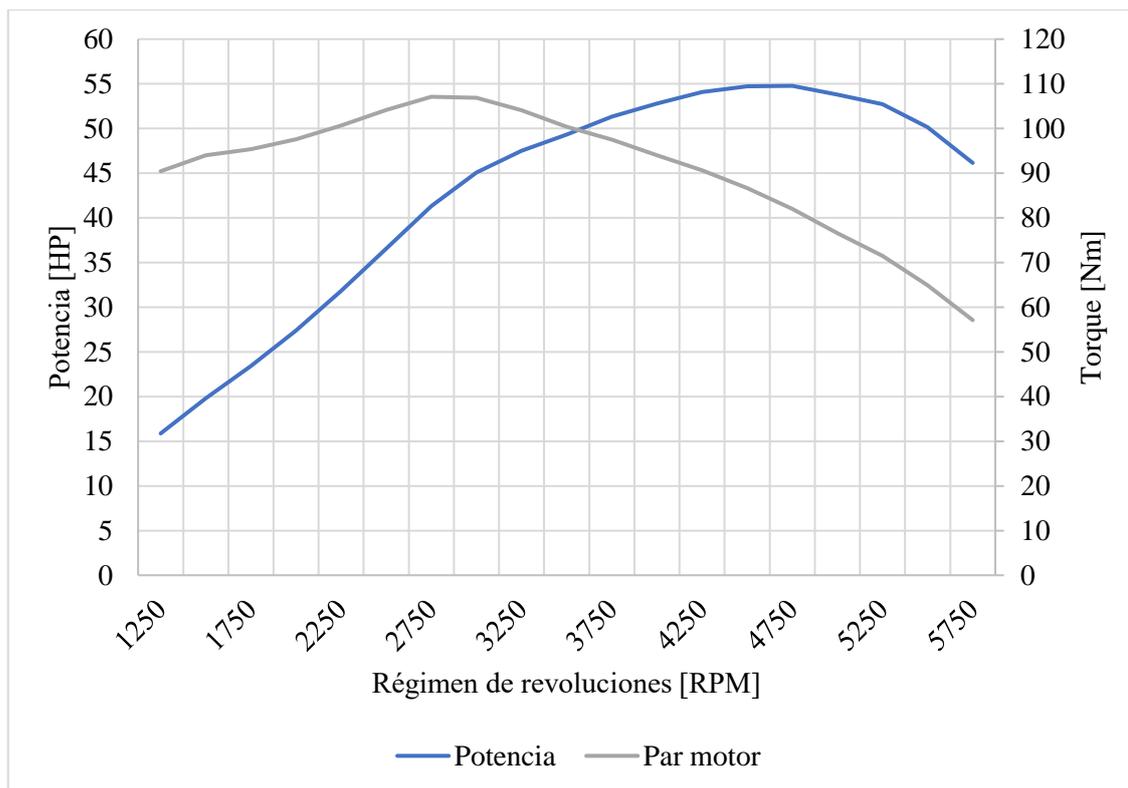
Los valores de torque y potencia promedios obtenidos de las 3 pruebas en un rango de revoluciones de 1250 [rpm] a 5750 [rpm] se presentan en la tabla 16-4, donde el valor máximo de la potencia es de 54.77 [Hp] a 4750 [rpm] y su torque máximo de 107.10 [Nm] a 2750 [rpm], de acuerdo con el fabricante en la tabla 1-3 la potencia máxima que alcanza el vehículo es de 78.9 [Hp] a 5400 [rpm] y su par máximo de 132 [Nm] a 3000 [rpm] a una altitud de 0 msnm, teniendo en cuenta que por cada 1000 msnm existe una pérdida de potencia de 10% aproximadamente, dado que las pruebas se realizó a 2750 msnm teóricamente da un valor de pérdida de 27.50%, sin embargo se registró una pérdida de potencia de 30.58%, en cuanto al torque se presenta una pérdida del 18.86% con respecto al fabricante debido a la altitud.

**Tabla 16-4:** Promedio del torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección monopunto

<b>RPM</b>	<b>POTENCIA [Hp]</b>	<b>PAR MOTOR [Nm]</b>
1250	15.87	90.43
1500	19.80	94.00
1750	23.43	95.33
2000	27.40	97.60
2250	31.80	100.63
2500	36.57	104.17
2750	41.33	107.10
3000	45.07	106.90
3250	47.50	104.07
3500	49.33	100.37
3750	51.33	97.50
4000	52.80	94.00
4250	54.07	90.63
4500	54.73	86.63
4750	54.77	82.03
5000	53.80	76.60
5250	52.73	71.53
5500	50.13	64.93
5750	46.13	57.10

**Realizado por:** Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

La ilustración 60-4 se presenta gráficamente los valores de torque y potencia de la tabla 16-4, en donde se aprecia que la curva de torque o par motor, en color plomo, y la curva de potencia en color azul, en cada una va aumentando mientras que el régimen de giro aumenta, hasta que llega a su valor máximo en el caso del torque a los 2750 [rpm] con 107.10 [Nm] y la potencia a los 4750 [rpm] con 54.77 [Hp], posteriormente estos comienzan a decaer hasta el máximo régimen de giro del vehículo, el cual nos indica el fabricante.



**Ilustración 60-4:** Curvas de torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección monopunto

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

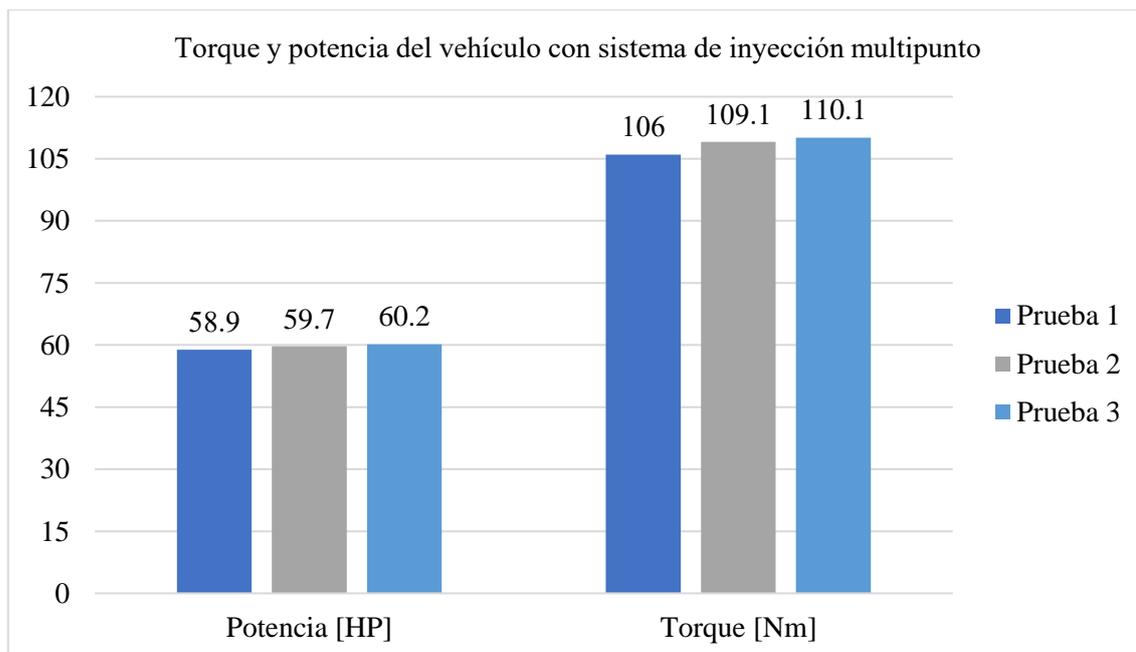
**4.6.2. Curvas de torque y potencia con el sistema de inyección multipunto con ECU programable**

En la tabla 17-4 se presenta los valores máximos de torque y potencia obtenidos en las 3 pruebas en el banco dinamométrico en donde se evidencio con el sistema de inyección multipunto alcanza su máxima potencia a los 5000 [rpm] y su torque máximo a las 2000 [rpm] en las 3 pruebas, en donde el rango de la potencia obtenida en las pruebas va desde 58.9 [Hp] a 60.2 [Hp] teniendo una diferencia de 1.3 [Hp], mientras que el torque va desde 106 [Nm] a 110.1 [Nm] con una diferencia de 4.1 [Nm], en la ilustración 61-4 se presenta la comparativa grafica de los valores de torque y potencia máximos obtenidos en las pruebas del dinamómetro en la cual se puede observar una variación minúscula entre cada una de las pruebas realizadas.

**Tabla 17-4:** Valores de torque y potencia del vehículo con el sistema de inyección multipunto

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Régimen de revoluciones [rpm]
<b>Potencia [Hp]</b>	58.9	59.7	60.2	5000
<b>Torque [Nm]</b>	106	109.1	110.1	2000

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022



**Ilustración 61-4:** Comparativa de las pruebas de torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección multipunto

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

Los valores de torque y potencia promedio obtenidos de las 3 pruebas en un rango de revoluciones de 1250 [rpm] a 5750 [rpm] se presentan en la tabla 18-4, donde el valor máximo de la potencia es de 59.6 [Hp] a 5000 [rpm] y su torque máximo de 108.4 [Nm] a 2000 [rpm], de acuerdo con el fabricante en la tabla 1-3 la potencia máxima que alcanza el vehículo es de 78.9 [Hp] a 5400 [rpm] y su par máximo de 132 [Nm] a 3000 [rpm] a una altitud de 0 msnm, teniendo en cuenta que por cada 1000 msnm existe una pérdida de potencia de 10% aproximadamente, dado que las pruebas se realizó a 2750 msnm teóricamente da un valor de pérdida de 27.50%, sin embargo se registró una pérdida de potencia de 24.46%, en cuanto al torque se presenta una pérdida del 17.88% con respecto al fabricante debido a la altitud.

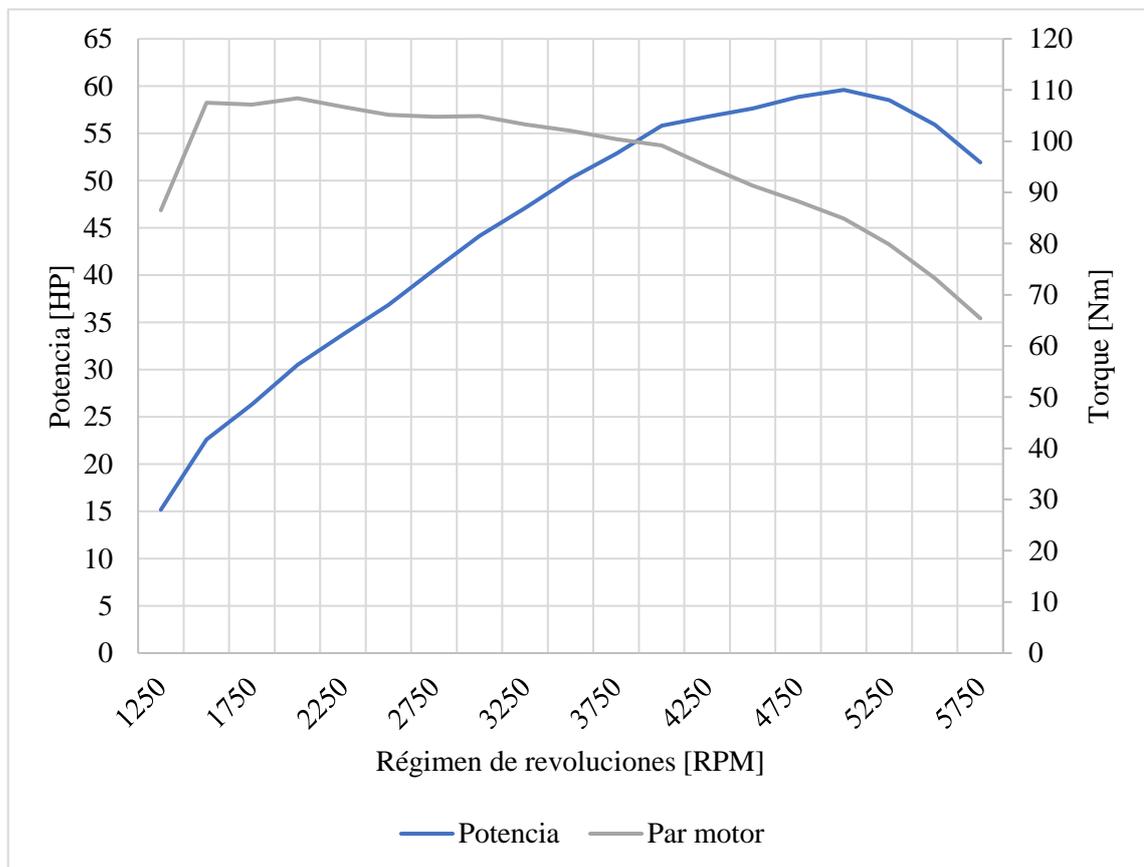
**Tabla 18-4:** Promedio del torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección multipunto

RPM	POTENCIA [Hp]	PAR MOTOR [Nm]
1250	15,17	86,53
1500	22,6	107,5
1750	26,33	107,13
2000	30,5	108,4
2250	33,7	106,73
2500	36,87	105,17
2750	40,53	104,8
3000	44,17	104,9
3250	47,1	103,27
3500	50,23	102,07
3750	52,83	100,4
4000	55,8	99,2

4250	56,77	95,13
4500	57,63	91,33
4750	58,87	88,23
5000	59,6	84,9
5250	58,53	79,83
5500	55,93	73,23
5750	51,93	65,4

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

La ilustración 62-4 se presenta gráficamente los valores de torque y potencia de la tabla 18-4, en donde se aprecia que la curva de torque o par motor, en color plomo, y la curva de potencia en color azul, en la cual se observa un incremento del torque en bajas revoluciones, de esta manera se pudo obtener una mayor eficiencia de funcionamiento del motor en bajas revoluciones del vehículo.



**Ilustración 62-4:** Curvas de torque y potencia del Vitara JX con el sistema de inyección multipunto

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.6.3. Comparativa de las curvas de torque y potencia entre los sistemas de inyección indirecta monopunto y multipunto con ECU programable.

Como se puede observar en la tabla 19-4, los diferentes datos de torque y potencia que presenta el vehículo, los mismos que varían de acuerdo con los diferentes parámetros a los cuales se obtuvo

los datos. Se puede observar una gran diferencia con respecto a los datos dados por la ficha técnica del vehículo, debido a que el torque y la potencia fueron obtenidos en condiciones ideales de funcionamiento del vehículo a diferencia a los obtenidos a una altura de 2750 metros sobre el nivel del mar, ya que por cada 1000 metros de altura se tiene una pérdida del 10% debido a la falta de oxígeno.

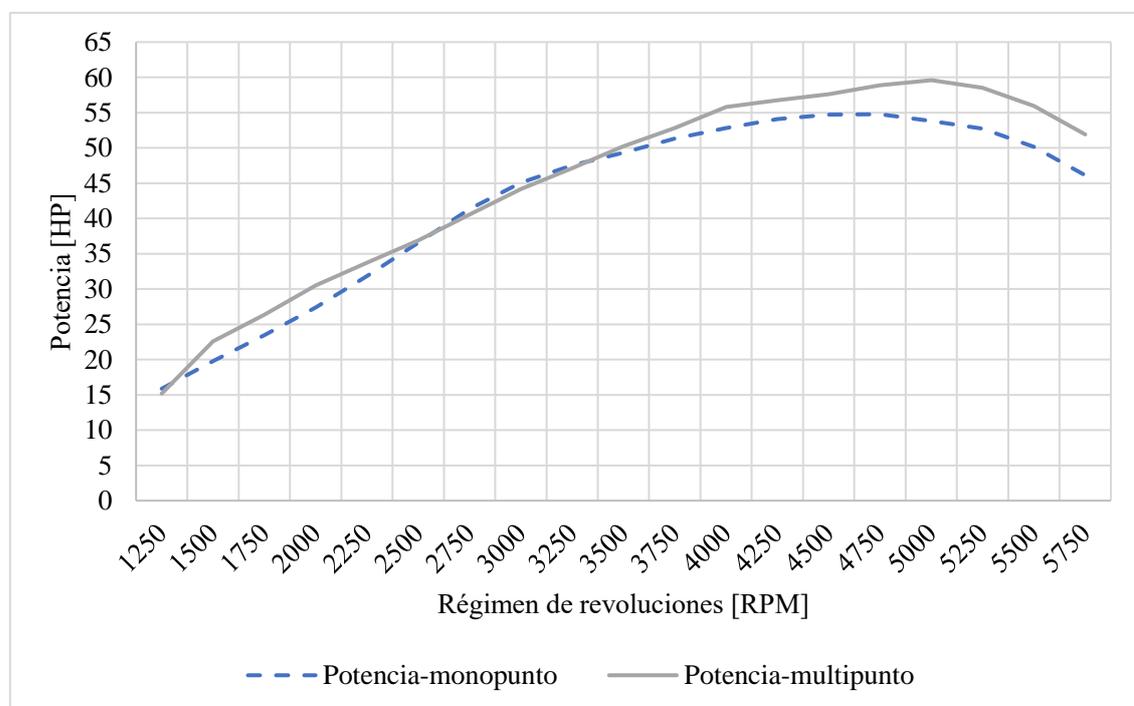
**Tabla 19-4:** Comparativa de torque y potencia

Parámetros	Ficha técnica a 0 msnm	Sistema de inyección monopunto a 2750 msnm	Sistema de inyección multipunto a 2750 msnm
Potencia	78.9 Hp @ 5400 rpm	54.77 Hp @ 4750 rpm	59.6 Hp @ 5000 rpm
Torque	132 Nm @ 3000 rpm	107.1 Nm @ 2750 rpm	108.4 Nm @ 2000 rpm

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.6.3.1. Comparativa de las curvas de potencia entre el sistema de inyección monopunto vs inyección multipunto

Al realizar la modificación de la gestión electrónica del vehículo con un sistema multipunto con inyección secuencial se obtuvo un incremento de 4.83 [Hp] con respecto al sistema de inyección monopunto, como se puede observar en la ilustración 63-4, la curva de color azul con línea segmentada representa la potencia del vehículo con el sistema de inyección monopunto, mientras que la curva gris representa la potencia con el sistema de inyección multipunto, se puede observar el incremento de manera uniforme de un sistema con respecto al otro.



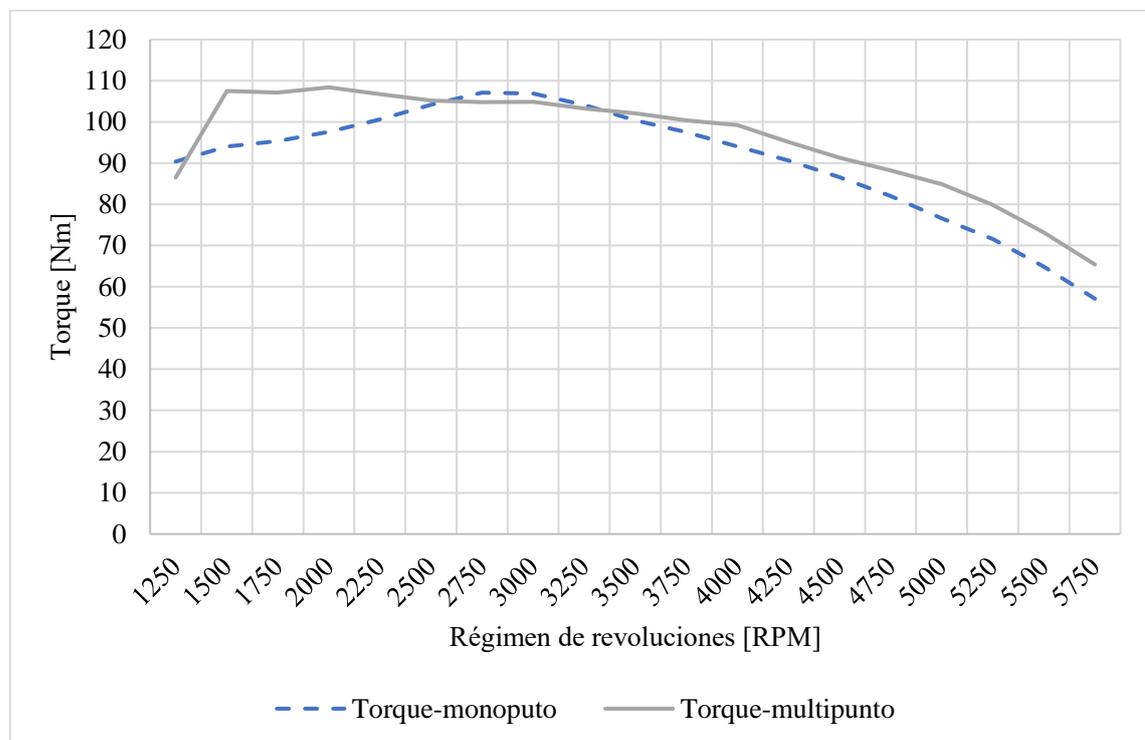
**Ilustración 63-4:** Comparación de la potencia con el sistema de inyección monopunto vs multipunto

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

#### 4.6.3.2. Comparativa de las curvas de torque entre el sistema de inyección monopunto vs inyección multipunto.

Al realizar la modificación de la gestión electrónica del vehículo con un sistema multipunto con inyección secuencial se obtuvo un incremento de 1.3 [Nm] con respecto al sistema de inyección monopunto con respecto a su máximo par motor, como se puede observar en la ilustración 64-4, la curva de color azul con línea segmentada representa el torque del vehículo con el sistema de inyección monopunto, mientras que la curva gris representa la potencia con el sistema de inyección multipunto.

Se puede observar que el torque con el sistema de inyección multipunto indirecta con ECU programable se mantiene bajas revoluciones, mientras que con el sistema de inyección monopunto una vez llega a su punto máximo este decae sin buscar de mantenerse durante un rango de revoluciones.



**Ilustración 64-4:** Comparación de las curvas de torque con el sistema de inyección monopunto vs multipunto.

Realizado por: Altamirano, B.; Guevara, A., 2022

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo de titulación se desarrolló un análisis comparativo de emisiones de gases contaminantes entre un sistema de inyección monopunto y un sistema de inyección multipunto indirecta con ECU programable en un vehículo bajo las normas NTE INEN 2203 e NTE INEN 2204 así como el consumo de combustible y las curvas de torque y potencia. Se demostró que la implementación de un sistema de inyección más actual puede favorecer en la reducción de emisiones de gases contaminantes, reducción del consumo de combustible y aumento en el torque y potencia. Para ello, se adaptó el sistema de inyección multipunto indirecta con ECU programable al vehículo Suzuki Vitara JX que contaba de fábrica con un sistema de inyección monopunto.

Se realizó un análisis de gases contaminantes del vehículo Suzuki Vitara JX con el sistema de inyección monopunto y con el sistema de inyección multipunto indirecta con ECU programable en un centro certificado de gases contaminantes (CCICEV) bajo la norma NTE INEN 2203 para pruebas estáticas, donde el vehículo con los dos sistemas de inyección se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 2204.

En conclusión, sistema de inyección multipunto indirecta con ECU programable presenta una disminución del 25.62% en ralentí y 51.54% en un régimen de giro alto del porcentaje de volumen de monóxido de carbono (CO) los cuales son perjudiciales para la salud humana, mientras que con los hidrocarburos (HC) existió un aumento del 45.92% en ralentí y 46.93% en un régimen de giro alto con respecto al sistema de inyección monopunto los mismos que se encuentran dispersos en el aire urbano y no ocasionan serios problemas ambientales.

En consecuencia, se implementó un sistema de inyección multipunto indirecta utilizando una ECU programable al vehículo Suzuki Vitara JX.

Se evaluó el consumo de combustible del vehículo Suzuki Vitara JX con el sistema de inyección monopunto y con el sistema de inyección multipunto indirecta con ECU programable en una ruta periférica presentando esta última un menor consumo de combustible en un 5.43% con respecto al sistema de inyección monopunto.

Se obtuvo un incremento de torque y potencia con el sistema de inyección multipunto indirecta con ECU programable del 1.21% y 8.81% respectivamente con respecto al sistema de inyección monopunto.

## **RECOMENDACIONES**

Para realizar la modificación del sistema de inyección del vehículo, se recomienda tener manuales de referencia para datos específicos al momento de configurar el ecu programable con la finalidad de evitar daños dentro del motor de combustión interna.

Es recomendable realizar una revisión técnica del vehículo previo al desarrollo de las pruebas de emisiones de gases contaminantes bajo la norma NTE INEN 2203 para evitar lecturas erróneas y que no afecten a la determinación de los límites establecidos en la norma NTE INEN 2204.

Es recomendable monitorear constantemente la aplicación RaceChrono en caso de que se realice una ruta periférica ya que se podría perder la señal y así afectar la obtención de datos de velocidad, tiempo, aceleración, etc.

Utilizar una probeta que tenga un mayor rango de medición para obtener datos con una mayor exactitud y de esta manera reducir los erros de medición

Se debe realizar con correcto anclaje del vehículo al momento de realizar las pruebas dentro del dinamómetro para evitar accidentes.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**BANAREZAEI, Sasan; & SHALCHIAN, Majid.** “Design of a Model-Based Fuzzy-PID Controller with Self-Tuning Scaling Factor for Idle Speed Control of Automotive Engine”. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Electrical Engineering*, vol. 43, n.º. 1 (2019), (Iran) pp.13–31.

**BANIS, Karlis.** “Numerical evaluation of idle parameters of novel throttle body for internal combustion engines” In: *19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings*, (2020), pp. 1926–1933.

**CARBOT ROJAS, Diego A.**, Desarrollo e Implementación de Una Estrategia de Control para el Ángulo de Encendido de un Motor de Combustión Interna (Trabajo de titulación). (Doctorado) Tecnológico Nacional de México. Cuernavaca – México. 2020. p. 35.

**CORCOBA MAGAÑA, Víctor**, Eco-driving: ahorro de energía basado en el comportamiento del conductor (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Telemática. Leganés – España. 2014. pp. 74-75.

**DELGADO ALTAMIRANO, Plino A.**, Evaluación de la Calidad del Aire Referente a Emisiones de Gases de Combustión: Monóxido de Carbono (CO) Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) Generador por los Vehículos que Transitan en el Sector de Durán (Trabajo de titulación. (Maestría) Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química. Guayaquil – Ecuador. 2016. pp.

**JIMÉNEZ SANTACRUZ, Jorge Eduardo.** ANÁLISIS DE OPERACIÓN Y COMPORTAMIENTO DE SISTEMAS CHISPA PERDIDA Y COP (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica del Ejército. Carrera de Ingeniería Automotriz, Latacunga – Ecuador, 2012. pp. 108.

**TRUJILLO TELLO, J., PADILLA PADILLA, C., BUENAÑO MOYANO, L., & CUAICAL ANGULO, B.** “Evolución y Tendencia de los Sistemas de Control de Motores de Combustión Interna Alternativos, Una Revisión Bibliográfica” *INGENIO* [en línea], 2020, (Ecuador) 3(2), pp. 5–14. [Consulta: 20 mayo 2022]. ISSN 2697-3243. Disponible en: <https://doi.org/10.29166/ingenio.v3i2.2718>

**KOVALOV, S.; & PLYS, S.** “Design of Control System for the Gas Engine With an Electronic Control Unit and Sequential Fuel Injection”. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* [en línea], 2022, () 1(2(115)), pp. 96 – 104. [Consulta: 18 junio 2022]. ISSN 1729-3774. Disponible en: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251993>

**LLANES CEDEÑO, Edilberto A., ROCHA HOYOS, Juan C., PERALTA ZURITA, Diana B., & LEGUÍSAMO MILLA, Julio C.** “Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador”. *Enfoque UTE* [en línea], 2018, (Ecuador) 9(2), pp.149–158. [Consulta: 18 junio 2022]. ISSN 1390-6542. Disponible en: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.201>

**MIHAYLOV, V., IVANOV, Z., MERSINKOV, H., STOYANOV, S., & WROBEL, R.** “Influence of the control signal on parameters of low impedance injectors for SI engines”. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], 2021, 1031, pp. 1–9. [Consulta: 27 junio 2022]. ISSN 1757–899X. Disponible en: 10.1088/1757-899X/1031/1/012018.

**VALLADARES, C.** *Motor paso a paso de regulación del ralenti (IACV)* [blog]. 2018. [Consulta: 18 junio 2022]. Disponible en: <https://petrolheadgarage.com/cursos-automocion/motor-paso-a-paso-de-regulacion-del-ralenti-iacv/>

**PORTILLA HERNÁNDEZ, Jaime E.** Selección de material a través de técnicas MCDM, para aislantes eléctricos de alta tensión SPB de bobinas de encendido COP. Verificación de resultados mediante simulación y validación experimental (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Internacional SEK, Facultad de Arquitectura e Ingenierías. Quito – Ecuador. 2019. pp. 17 – 18.

**RODRÍGUEZ, Cristhian, SERRANO, Gustavo, & VELA, Pedro.** Estudio de los gases contaminantes modificando la relación de compresión en un vehículo (Trabajo de titulación). [en línea] Universidad Internacional del Ecuador. Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz. Quito – Ecuador. 2018. pp. 6–7 [Consulta: 19 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2495>

**SANDOVALIN MALITAXI, Jhonatan, CORREA SACAN, Edwin, GUASUMBA MAILA, Jairo & CALERO TORRES, Diego.** “Los sistemas de Inyección Electrónicos y el Control de Gases”. *Polo del Conocimiento* [en línea], 2022, (Ecuador) 7(69) pp. 344–361. [Consulta: 19 mayo 2022]. ISSN 2550–682X. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v7i4.3828>

**SARMIENTO, Danny, CHÁVEZ, Jhonnathan and AVILA, Fausto.** “Análisis de oscilogramas de los sensores y actuadores del sistema de inyección de un motor N04C”. *INCITEC* [en línea], 2021, (Ecuador) 1(2), pp. 53–60. [Consulta: 19 mayo 2022]. ISSN 2773-7756. Disponible en: <https://doi.org/10.53632/incitec.v1i2.102>

**SEGURA CONTRERAS, Julián Felipe, & FRANCO, Juan F.** “Exposición de peatones a la contaminación del aire en vías con alto tráfico vehicular”. *Revista de Salud Pública* [en línea],

2016 (Colombia), 18(2), pp. 179–187. [Consulta: 20 mayo 2022]. ISSN 124-0064. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/rsap.v18n2.4720>

**SUGIARTO Toto, SUDARNO PUTRA Dwi., & PURWANTO Wawan.** “ANALYSIS ON THE ROLE OF ENGINE COOLANT TEMPERATURE SENSOR IN GASOLINE ENGINE”. *VANOS Journal of Mechanical Engineering Education* [en línea], 2017, (Indonesia) 2(2), pp. 145–152 [Consulta: 27 mayo 2022]. ISSN 2528–2700. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.30870/vanos.v2i2.2927>

**SUTIMAN, ADIYASA, I. W., PRAYOGA, A., IRFAK, A. G., & ARDIYAN, R. S.** “Simple design of electronics engine management for motorcycle”. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea], 2020, 1700 (012074), pp. 1–8. [Consulta: 02 junio 2022]. ISSN 1742–6596. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1700/1/012074>

**SYNÁK, František, KALAŠOVÁ, Alica, & SYNÁK, Ján.** “Air filter and selected vehicle characteristics”. *Sustainability* [en línea], 2020, (Suiza) 12(22), pp. 1–19. [Consulta: 18 mayo 2022]. ISSN 2071-1050. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12229326>

**VELEPUCHA SÁNCHEZ, Jorge Milton, & SABANDO PIGUABE, Luis Felipe.** “Emisiones de gases contaminantes en vehículos livianos a gasolina”. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación* [en línea], 2021, (Ecuador) 4(8), pp. 78–95. [Consulta: 13 junio 2022]. ISSN 2737–6249. Disponible en: <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.002>

**WIJAYA, Muhammad Burhan Rubai, WAHYUDI, Wahyudi, PURWANTO, Wawan, KARNOWO, Karnowo, WAHYUDI, Deni Tri, & WIRANTO, Akhmad,** “The Development of Learning Media for Automotive Electronics (Autotronics) Simulator Based on Measurement of Sensor Output Performance”. *VEIC* [en línea], 2021, (Indonesia), pp. 1–6. [Consulta: 05 junio 2022]. ISSN 2593-7650. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4108/eai.27-8-2020.2305750>

**PAYRI, F. & DESANTES, J.** (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Valencia: Reverté, S.A.

**CUEVAS CHANA, Damián Alberto.** *El motor de combustión interna y su impacto ambiental: sistemas de escape modernos. Nuevas tecnologías. El mundo: las euro*. Córdoba-Argentina: Científica Universitaria, 2021. [Consulta: 13 mayo 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/174829>

**FUELTECH.** *Manual de usuario*. Brasil. 2020, pp. 6-50.

**SANCHEZ, Juan.** *Ecu programables*, [blog]. Sinaloa. 2020. [Consulta: 14 abril 2012]. Disponible en: <http://www.cosasvisuales.com>

**STRIDERGTI.** *Colector de admisión personalizado*. [blog]. 7 de noviembre, 2009. [Consulta: 27 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.suzuki-forums.com/threads/fs-custom-intake-manifold.34398/#post-193478>

**CUATRO FIERROS.** *Cuerpo aceleración - chevrolet aveo 1.4- 1.6*. 2019. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: <https://cuatrofierros.com.ec/producto/cuerpo-aceleracion-chevrolet-aveo-1-4-1-6/>

**ZABALA, Guillermo.** *Filtro de aire o filtro de potencia*. Coches-Turismo. [blog]. 15 abril, 2011 [Consulta: 31 mayo 2022]. Disponible en: <https://coches-turismo.blogspot.com/2011/04/filtro-de-aire-o-filtro-de-potencia.html>

**MECÁNICA AUTOMOTRIZ.** *Sistemas de inyección electrónica a gasolina*. 13 mayo, 2013. [blog]. [Consulta: 29 abril 2022]. Disponible en:

<https://mecanicaautomotriz2014.blogspot.com/2013/05/sistemas-de-inyeccion-gasolina.html>

**BOOSTER, Beto.** *Sensor TPS*. Encendido Electrónico [blog]. 11 de julio de [Consulta: 31 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.encendidoelectronico.com/sensores-tps/sensores-tps-parte-1/>

**MORA, Gerson.** *Sensores de flujo de aire*. Mecánica en acción. [blog]. 2014. [Consulta: 31 mayo 2022]. Disponible en: [https://www.mecanicaenaccion.com/diagnostico/sensores-de-flujo-de-aire-maf/#google\\_vignette](https://www.mecanicaenaccion.com/diagnostico/sensores-de-flujo-de-aire-maf/#google_vignette)

**EHT MOTOR'S.** *Sensor de Presión Absoluta del Múltiple*. [blog]. 2012. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <https://ehtmotors.com/sensores.php?p=map>

**INGENIERÍA Y MECÁNICA.** *Sensor de posición de cigüeñal CKP*. 2 febrero, 2020. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-el-sensor-de-posicion-de-ciguenal-ckp-y-como-funciona/>

**PEREZ, Joe.** *Avance de chispa*. [blog]. 12 marzo, 2012. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.miataturbo.net/megasquirt-18/lets-discuss-spark-advance-69662/page9/>

**TD MAHA MGT 5 VP135106 ES.** *Manual de opacómetro MGT 5*. 11 diciembre, 2017. [Consulta: 3 junio 2022]. Disponible en: <https://idoc.pub/documents/td-maha-mgt-5-vp135106-es-9n0krk73wx4v>

**RACECHRONO.** (s. f.). Laptimer for iPhone and Android. Disponible en: <https://racechrono.com/>

**NAJJAR, Y. S. H., ALMARDINI, A. A. W. H., & SAWAN, A. J. A.** “Comparison of performance using wide-band versus narrow-band oxygen sensors in gasoline engines”. *Case Studies in Thermal Engineering* [en línea], 2019, 16, pp. [Consulta: 27 junio 2022]. ISSN 2214-157X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100552>

## ANEXOS

**ANEXO A:** Certificado de haber ejecutado las pruebas de emisiones de gases contaminantes bajo la norma NTE INEN 2203 en el CCICEV.



Quito, 12 de julio de 2022  
CCICEV-CER-TESS22 - 008

### CERTIFICADO

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares – CCICEV, mediante solicitud de ensayos SPE-025 presentada por parte del señor ALTAMIRANO GAMBOA BRYAN JAVIER, estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, certifica que el vehículo detallado a continuación fue evaluado en los ensayos de:

- ANÁLISIS DE EMISIONES ESTÁTICO

Las pruebas se ejecutaron con dos sistemas de inyección: MONOPUNTO Y MULTIPUNTO

DATOS GENERALES DEL VEHÍCULO			
Marca	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LDETAD1V20116640 / PYX0072
Modelo:	VITARA 3P STD T/M INYEC	Versión	N/D
Fabricante	N/D	Kilometraje:	261417
MOTOR (Datos del fabricante)**			
Marca motor	N/D	Modelo/Tipo	G16A
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	G16A475335
No. de cilindros y disposición	4 CILINDROS EN LÍNEA	Cilindrada [cm <sup>3</sup> ]	1590
Maxima Potencia (kw/rpm)	58,8kw /5400 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	129,45Nm/3000 RPM
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA	Tipo. (NTE INEN 2855)	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO
Subcategoría (NTE INEN 2856)	M_1	Año modelo vehículo	2002
Tonelaje (t)	1,5	País de origen	ECUADOR
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES			
Tipo	MANUAL	Nro. De marchas	5 MARCHAS + 1 REVERSA
Relación de marcha directa	4TA MARCHA / 1,000	Neumáticos [dimensiones]	225/70 R15

*Fecha de ejecución del ensayo:* 17 de mayo de 2022 y 05 de julio de 2022

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

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

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

Atentamente,  
  
**DIEGO LUIS LINCANGO**  
Ing. Diego Lincango

RESPONSABLE TÉCNICO DE LA UNIDAD DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
CCICEV

**ANEXO B:** Registro de datos de pruebas de emisiones de gases estáticos del sistema de inyección monopunto emitido por el CCICEV

<b>CCICEV</b>		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares						
<b>REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES ESTATICOS OTTO</b>								
CODIGO: CCICEV-04-00-03-EGE		Revisión 5	N°					
		Página 1 / 1	FECHA:					
		CCICEV-04-00-03-2022-EGE - 025 - P1						
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 <sup>ta</sup> rev <input type="checkbox"/>	Evaluación Tesis <input checked="" type="checkbox"/>						
No. Visita <input type="text" value="1"/>	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	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LDETA01V20116840 / PYX0072					
Modelo:	VITARA 3P STD T/M INYEC	Versión	N/D					
Fabricante	N/D	Kilometraje:	261417					
MOTOR (Datos del fabricante)**								
Marca motor	N/D	Modelo/Tipo	G16A					
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	G16A475335					
No. de cilindros y disposición	4 CILINDROS EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	1590					
Maxima Potencia (kw/rpm)	58,8kw /5400 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	129,45Nm/3000 RPM					
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO					
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA	Tipo (NTE INEN 2656)	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO					
Subcategoría (NTE INEN 2656)	M_1	Año modelo vehículo	2002					
Tonelaje (t)	1,5	País de origen	ECUADOR					
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES								
Tipo	MANUAL	Nro. De marchas	5 MARCHAS + 1 REVERSA					
Relación de marcha directa	4TA MARCHA / 1,000	Neumáticos (dimensiones)	225/70 R15					
<small>**Opcional en RTV</small>								
Hora de inicio	09 h 30 min	Hora final	10 h 00					
Temperatura ambiente °C	17	Humedad Relativa (%)	68					
Serie equipo		3631/532577						
Presión Atmosférica (hPa)		734						
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES								
Parámetros	PRUEBAS ESTÁTICAS NTE INEN 2204						Incertidumbre U k=2	
	Medición 1		Medición 2		Medición 3			
	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta
CO [%v]	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	N/A	N/A
CO <sub>2</sub> [%v]	13,80	13,90	13,70	13,80	13,70	13,70	N/A	N/A
COcorregido [%v]	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02		
HC [ppm]	42	47	36	28	57	32	N/A	N/A
O <sub>2</sub> [%v]	0,72	0,92	0,81	1,05	0,92	1,17	N/A	N/A
λ [Lambda]	1,034	1,044	1,039	1,051	1,048	1,057		
RPM	820	2510	810	2520	800	2500		
<b>OBSERVACIONES:</b> Pruebas realizadas con sistema de inyección monopunto								
Firma Responsables:			Firma Responsable de Unidad:			Firma Responsable de Unidad:		
Técnico No 1 FABIAN ANDRES IZA COLLAGUAZO			Técnico No 2			DIEGO LUIS LINCANGO		
Nombres: Fabián Iza			Nombre:			Ing. Diego Lincango		
<small>Formato de registro primario para pruebas de emisiones de gases estáticas en fuentes móviles ciclo Otto / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado</small>								

**ANEXO C: Registro de datos de pruebas de emisiones de gases estáticos del sistema de inyección multipunto indirecta con ECU programable emitido por el CCICEV**

<b>CCICEV</b>		Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares						
REGISTRO DE DATOS DE PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES ESTÁTICOS OTTO								
<b>CODIGO:</b> CCICEV-04-00-03-EGE	Revisión 5	N°	CCICEV-04-00-03-2022-EGE - 025 - P2					
	Página 1 / 1	<b>FECHA:</b>	5 de julio de 2022					
<b>TÉCNICOS RESPONSABLES</b>	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 <sup>ta</sup> 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	CHEVROLET	VIN Chasis / Placa:	8LDETA01V20116840 / PYX0072					
Modelo:	VITARA 3P STD T/M INYEC	Versión	N/D					
Fabricante	N/D	Kilometraje:	263050					
MOTOR (Datos del fabricante)**								
Marca motor	N/D	Modelo/Tipo	G16A					
Posición de motor	DELANTERO LONGITUDINAL	No. Motor	G16A475335					
No. de cilindros y disposición	4 CILINDROS EN LÍNEA	Cilindrada [cm3]	1590					
Máxima Potencia (kw/rpm)	58,8kw /5400 RPM	Máximo Torque (Nm/rpm)	129,45Nm/3000 RPM					
Sistema de enfriamiento	REFRIGERANTE	Tipo de aspiración	ATMOSFÉRICO					
Combustible / Fuente de energía	GASOLINA EXTRA	Tipo (NTE INEN 2856)	VEHÍCULO DEPORTIVO UTILITARIO					
Subcategoría (NTE INEN 2856)	M_1	Año modelo vehículo	2002					
Tonelaje (t)	1,5	País de origen	ECUADOR					
TRANSMISIÓN /CAMBIO DE VELOCIDADES								
Tipo	MANUAL	Nro. De marchas	5 MARCHAS + 1 REVERSA					
Relación de marcha directa	4TA MARCHA / 1,000	Neumáticos (dimensiones)	225/70 R15					
**Opcional en RTV								
RESULTADOS DEL ANALIZADOR DE GASES								
<b>Hora de inicio</b>	10 h 00	<b>Hora final</b>	10 h 50 min	<b>Serie equipo</b>	3631/532577			
<b>Temperatura ambiente °C</b>	19	<b>Humedad Relativa (%)</b>	56,2	<b>Presión Atmosférica (hPa)</b>	734			
Parámetros	PRUEBAS ESTÁTICAS NTE INEN 2204						Incertidumbre U <sub>k=2</sub>	
	Medición 1		Medición 2		Medición 3			
	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta	Ralentí	rpm alta
<b>CO [%v]</b>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	N/A	N/A
<b>CO<sub>2</sub> [%v]</b>	13,50	12,90	13,30	12,80	13,50	12,90	N/A	N/A
<b>CO corregido [%v]</b>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01		
<b>HC [ppm]</b>	89	77	97	82	105	69	N/A	N/A
<b>O<sub>2</sub> [%v]</b>	1,52	2,61	1,70	2,64	1,64	2,54	N/A	N/A
<b>λ [Lambda]</b>	1,074	1,138	1,084	1,140	1,080	1,134		
<b>RPM</b>	850	2510	870	2520	850	2490		
<b>OBSERVACIONES:</b> Pruebas realizadas con sistema de inyección multipunto								
Firma Responsables:	 <small>Técnico No 1</small> FABIAN ANDRES IZA COLLAGUAZO		<small>Técnico No 2</small>		 <small>Firmado electrónicamente por:</small> DIEGO LUIS LINCANGO		Firma Responsable de Unidad:	
Nombres:	Fabián Iza				Nombre :		Ing. Diego Lincango	
Formato de registro primario para pruebas de emisiones de gases estáticas en fuentes móviles ciclo Otto / Los resultados aplican únicamente al ítem evaluado								