



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “ANÁLISIS TERMOGRÁFICO Y CONTROL DE EMISIONES DEL  
PROCESO DE COMBUSTIÓN EN LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE  
GASOLINA- ETANOL/METANOL EN EL MOTOR G13B”**

**AUTORES: ÁLVAREZ BEDÓN, STALIN PATRICIO  
CLAUDIO BENITES, CRISTIAN FERNANDO**

**DIRECTOR: ING. QUIROZ ERAZO LEONIDAS ANTONIO MSc.**

**LATACUNGA**

**2018**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación **“ANÁLISIS TERMOGRÁFICO Y CONTROL DE EMISIONES DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN EN LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE GASOLINA- ETANOL/METANOL EN EL MOTOR G13B”** fue realizado por los señores: Álvarez Bedón, Stalin Patricio y Claudio Benites, Cristian Fernando el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por la tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, 07 de agosto del 2018.**

  
.....  
Ing. Leonidas Antonio Quiroz Erazo MSc.  
C.C. 0502509995





## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Álvarez Bedón, Stalin Patricio y Claudio Benites, Cristian Fernando** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“ANÁLISIS TERMOGRÁFICO Y CONTROL DE EMISIONES DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN EN LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE GASOLINA- ETANOL/METANOL EN EL MOTOR G13B”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Latacunga, 07 de agosto del 2018**

**Stalin Patricio Álvarez Bedón**  
C.C. 0503961583

**Cristian Fernando Claudio Benites**  
C.C. 0503148389



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

#### AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Álvarez Bedón, Stalin Patricio y Claudio Benites, Cristian Fernando** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación **“ANÁLISIS TERMOGRÁFICO Y CONTROL DE EMISIONES DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN EN LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE GASOLINA-ETANOL/METANOL EN EL MOTOR G13B”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Latacunga, 07 de agosto del 2018**

Stalin Patricio Álvarez Bedón  
C.C. 0503961583

Cristian Fernando Claudio Benites  
C.C. 0503148389

## DEDICATORIA

Con todo el cariño el presente trabajo se lo dedico a mis padres Patricio Álvarez y Nelly Bedón, quienes son mi guía en todo el trayecto de mi vida, tanto estudiantil como personal para lograr cada una de mis metas.

A mi sobrino Emilio Cruz quien con su llegada supo enseñarme tanto, en poco tiempo, llenarme de cariño y llevarse mi corazón

A mis dos hermanas Belén y Laurita quienes con su apoyo y consejos como hermanas y como amigas, nunca me dejaron caer, y ahora me toman como ejemplo de superación y cambio positivo para la familia.

Stalin Álvarez

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico para todas las personas que me apoyaron de manera incondicional desde mis primeros días de estudiante, especialmente a mis padres Rigoberto y María por saberme guiar en cada una de mis decisiones y apoyarme incondicionalmente para poder llegar a esta meta tan anhelada, a mi hermano por estar siempre a mi lado y apoyarme como amigo quiero demostrarle este esfuerzo y que llegue a ser mejor que yo.

Cristian Claudio

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mis agradecimientos a Dios por darme la oportunidad de haber tomado este camino tan importante en mi vida estudiantil y bendecirme en cada una de las etapas alcanzadas.

A mis padres, hermanas y toda mi familia quienes estuvieron detrás de todo momento sea bueno o malo, son mi guía y con su esfuerzo han sabido apoyarme en cada una de mis metas propuestas y sin su apoyo no las hubiera alcanzado.

A todos y cada uno de los miembros de mi familia quienes han estado atrás desde un inicio en mi vida estudiantil, apoyándome y guiándome. A todas las personas que de una u otra manera intervinieron en varias circunstancias, y ahora se ve reflejado en una meta más.

Stalin Álvarez

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por haberme regalado la vida con la mejor familia y por permitirme estudiar en tan noble institución educativa.

A mis padres Rigoberto y María por su apoyo incondicional, demostración de esfuerzo y sacrificio para poder superarme como un profesional, sin su apoyo esto no sería posible, lea amo mucho y un Dios le pague.

A mi hermano por ayudarme incondicionalmente en lo que está a su alcance, gracias hermano te quiero mucho.

Tu apoyo a sido fundamental, has estado conmigo en toda mi etapa universitaria en los buenos y en los malos momentos motivándome, ayudándome y deseándome los mejores deseos, te agradezco infinitamente gracias mi amor te amo.

A mi tía Fanny por estar siempre pendiente de mis estudios y dándome ánimos para seguir adelante, gracias tía.

Cristian Claudio



**ÍNDICE DE CONTENIDO****CARÁTULA**

<b>CERTIFICACIÓN .....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN.....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>v</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>xvi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xxi</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>xxxv</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xxxvi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xxxvii</b>

**CAPÍTULO I****GENERALIDADES**

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema. ....	4

	x
1.3. Descripción resumida del proyecto .....	6
1.4. Justificación e importancia .....	7
1.5. Objetivos de la investigación.....	8
1.5.1. Objetivo general.....	8
1.5.2. Objetivos específicos .....	8
1.6. Metas.....	9
1.7. Hipótesis.....	9
1.8. Variables de investigación .....	9
1.8.1. Variables independientes.....	9
1.8.2. Variables dependientes .....	9

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Norma internacional de emisiones .....	10
2.1.1. Método de prueba estática.....	10
2.2. Norma nacional.....	11
2.2.1. Norma NTE INEN 2 204-2002 .....	11
2.3. Transferencia de calor por convección.....	11
2.4. Sensores .....	12
2.4.1. Sensor del árbol de levas (CMP). .....	12
2.4.2. Sensor de posición de aceleración (TPS). .....	13
2.4.3. Sensor de temperatura del refrigerante (ECT) .....	14
2.4.4. Sensor de presión absoluta de múltiple (MAP) .....	15

2.5.	Emisiones contaminantes .....	17
2.5.1.	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	17
2.5.2.	Monóxido de carbono (CO).....	17
2.5.3.	Óxido de nitrógeno (NO).....	17
2.5.4.	Hidrocarburos (HC).....	18
2.5.5.	Oxígeno (O <sub>2</sub> ).....	18
2.6.	Metanol.....	18
2.6.1.	Características.....	18
2.6.2.	Aplicaciones .....	19
2.6.3.	Normativa NTE INEN 2 162:99 .....	20
2.7.	Etanol .....	20
2.7.1.	Características.....	20
2.7.2.	Aplicaciones .....	21
2.7.3.	Normativa NTE INEN 2 478:2009 .....	21
2.8.	Componentes del sistema de inyección etanol/metanol.....	22
2.9.	Procesos de mecanizado.....	24
2.9.1.	Velocidad de corte .....	24
2.9.2.	Velocidad de avance.....	25
2.9.3.	Tiempo de maquinado .....	26
2.10.	Aluminio.....	26
2.11.	Principio eléctrico.....	27
2.11.1.	Ley de ohm .....	27
2.11.2.	Potencia .....	27

2.12. Componentes eléctricos y electrónicos .....	28
2.12.1. Fusible.....	28
2.12.2. Relé.....	29
2.12.3. Diodo.....	29
2.12.4. Transistor .....	30
2.12.5. Condensador.....	30
2.13. Principios hidráulicos .....	30
2.13.1. Pérdidas menores .....	30
2.13.2. Ecuación general de la energía .....	31
2.13.3. Número de reynolds .....	32
2.14. Norma SAE j30r7 .....	32
2.15. Equipos de diagnóstico y medición .....	33
2.15.1. Cámara termográfica.....	33
2.15.2. Software smart view .....	34
2.16. Analizador de gases de escape .....	35
2.17. Medidor de revoluciones mgt-300.....	36
2.18. Scanner automotriz G-scan2 .....	37
2.19. Arduino .....	38

### **CAPÍTULO III**

#### **SISTEMA DE INYECCIÓN ETANOL/METANOL**

3.1. Modelado del sistema de admisión .....	39
3.2. Simulación .....	41

3.2.1. Evaluación de la simulación .....	43
3.3. Construcción y mecanizado .....	45
3.3.1. Cálculo de la velocidad de corte .....	46
3.3.2. Cálculo del tiempo de maquinado: .....	46
3.3.3. Cantidad de material removido .....	46
3.4. Implementación .....	47
3.5. Sistema hidráulico .....	48
3.5.1. Características de la cañería .....	48
3.6. Diseño del circuito eléctrico .....	51
3.6.1. Selección del relé automotriz .....	51
3.6.2. Determinación del sistema de protección.....	52
3.6.3. Selección del cable conductor .....	54
3.7. Diseño electrónico .....	55
3.7.1. Señal de posición del árbol de levas.....	56
3.7.2. Señal del sensor de temperatura .....	58
3.7.3. Señal del sensor de temperatura de entrada del aire de admisión.....	60
3.7.4. Señal del sensor de posición del acelerador .....	62
3.7.5. Señal del sensor de presión del aire de admisión .....	64
3.8. Selección del arduino.....	66
3.9. Programación .....	67
3.9.1. Modo manual.....	67
3.9.2. Modo semiautomático.....	68
3.9.3. Modo automático .....	68

## **CAPÍTULO IV**

### **INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE ETANOL/METANOL**

4.1. Procedimiento de pruebas .....	70
4.1.1. Requisitos previos para las pruebas. ....	70
4.2. Protocolo de pruebas.....	71
4.2.1. Ambientales.....	71
4.2.2. Combustible.....	72
4.2.3. Emisiones.....	75
4.2.4. Termografía.....	77
4.2.5. Prueba de consumo de combustible. ....	78
4.3. Tabulación de datos de las pruebas realizadas de emisiones de gases de escape sin el sistema de inyección de etanol/metanol.....	80
4.3.1. Test oficial. ....	81
4.3.2. Emisiones de gases de escape.....	81
4.3.3. Tabulación de datos de las pruebas de termografía.....	84
4.3.4. Tabulación de datos de las pruebas de consumo de combustible.....	85
4.4. Tabulación de datos de las pruebas realizadas de emisiones de gases de escape con el sistema de inyección de etanol/ metanol.....	87
4.4.1. Emisiones de gases de escape.....	87
4.4.2. Pruebas de termografía.....	146
4.4.3. Pruebas de consumo de combustible.....	166
4.5. Análisis, interpretación y comparación de resultados.....	167
4.5.1. Gases de escape.....	167

4.5.2. Análisis termográfico y comparación con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol. ....	188
4.5.3. Análisis de consumo de combustible con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol. ....	205
4.5.4. Comparación de gases de escape y termografía. ....	208

## **CAPÍTULO V**

### **MARCO ADMINISTRATIVO**

5.1. Factibilidad del proyecto .....	266
5.1.1. Recursos materiales .....	266
5.1.2. Recurso humano .....	267
5.1.3. Recurso financiero .....	267
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>270</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>273</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>275</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>279</b>

Anexo A: Manual de funcionamiento Jimny G13B

Anexo B: Software SmartView

Anexo C: Programación del Módulo de control

Anexo D: Informe de simulación

Anexo E: Funcionamiento Cámara termográfica FLUKE TiS60

Anexo F: Funcionamiento Analizador de gases BRAIN BEE AGS-688

Anexo G: Funcionamiento del medidor de revoluciones MGT-300

Anexo H: Flujograma de revisión técnica del vehículo

Anexo I: Imágenes termográficas

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	<i>Norma NOM-EM-167-SEMARNAT-2016</i> .....	10
<b>Tabla 2</b>	<i>Límites máximos de emisiones para vehículos con motor a gasolina</i> .....	11
<b>Tabla 3</b>	<i>Requisitos del metanol</i> .....	20
<b>Tabla 4</b>	<i>Requisitos del etanol</i> .....	22
<b>Tabla 5</b>	<i>Velocidades de corte en torno</i> .....	25
<b>Tabla 6</b>	<i>Avances para diversos materiales</i> .....	25
<b>Tabla 7</b>	<i>Propiedades del Aluminio</i> .....	26
<b>Tabla 8</b>	<i>Características de fusibles</i> .....	28
<b>Tabla 9</b>	<i>Características eléctricas del fusible</i> .....	29
<b>Tabla 10</b>	<i>Características de la cañería</i> .....	32
<b>Tabla 11</b>	<i>Características de la cámara termográfica FLUKE TIS60</i> .....	33
<b>Tabla 12</b>	<i>Características del analizador de gases</i> .....	36
<b>Tabla 13</b>	<i>Datos del vehículo en tiempo real</i> .....	41
<b>Tabla 14</b>	<i>Parámetros de ingreso de los fluidos</i> .....	42
<b>Tabla 15</b>	<i>Datos de temperatura del sistema de admisión</i> .....	45
<b>Tabla 16</b>	<i>Selección de la cañería</i> .....	48
<b>Tabla 17</b>	<i>Cálculo de pérdidas en el sistema hidráulico</i> .....	49
<b>Tabla 18</b>	<i>Información técnica del relé</i> .....	51
<b>Tabla 19</b>	<i>Cálculo de intensidad de los sistema de control electrónico</i> .....	52
<b>Tabla 20</b>	<i>Características de fusible automotrices</i> .....	54
<b>Tabla 21</b>	<i>Características del cable conductor</i> .....	55
<b>Tabla 22</b>	<i>Relación de velocidad del motor</i> .....	57
<b>Tabla 23</b>	<i>Temperatura, voltaje y resistencia del sensor ECT</i> .....	59



<b>Tabla 24</b>	<i>Resistencia, voltaje y temperatura del sensor de temperatura IAT</i> .....	61
<b>Tabla 25</b>	<i>Voltajes y posición del acelerador</i> .....	63
<b>Tabla 26</b>	<i>Voltajes y valores de presión de admisión</i> .....	65
<b>Tabla 27</b>	<i>Características del Arduino</i> .....	66
<b>Tabla 28</b>	<i>Protocolo de pruebas de inyección metanol antes y después del cuerpo de aceleración</i> .....	72
<b>Tabla 29</b>	<i>Protocolo de pruebas de inyección etanol antes y después del cuerpo de aceleración</i> .....	73
<b>Tabla 30</b>	<i>Protocolo de pruebas de inyección combinada etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración</i> .....	73
<b>Tabla 31</b>	<i>Protocolo de pruebas para termografía antes del cuerpo de aceleración</i> .....	74
<b>Tabla 32</b>	<i>Protocolo de pruebas de termografía después del cuerpo de aceleración</i> .....	74
<b>Tabla 33</b>	<i>Distancia recorrida de prueba en carretera</i> .....	79
<b>Tabla 34</b>	<i>Distancia recorrida de prueba en ciudad</i> .....	80
<b>Tabla 35</b>	<i>Prueba de emisiones de gases sin sistema de inyección etanol/metanol</i> .....	82
<b>Tabla 36</b>	<i>Datos de termografía sin el sistema de inyección de etanol/metanol</i> .....	85
<b>Tabla 37</b>	<i>Consumo de combustible en carretera sin el sistema de inyección</i> .....	86
<b>Tabla 38</b>	<i>Consumo de combustible en ciudad sin el sistema de inyección</i> .....	86
<b>Tabla 39</b>	<i>Inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración</i> .....	87
<b>Tabla 40</b>	<i>Inyección de etanol después del cuerpo de aceleración</i> .....	91
<b>Tabla 41</b>	<i>Inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración</i> .....	95
<b>Tabla 42</b>	<i>Inyección de metanol después del cuerpo de aceleración</i> .....	100
<b>Tabla 43</b>	<i>Inyección de 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración</i> .....	104
<b>Tabla 44</b>	<i>Inyección de 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración</i> .....	108
<b>Tabla 45</b>	<i>Inyección de 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración</i> .....	113
<b>Tabla 46</b>	<i>Inyección de 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración</i> .....	117
<b>Tabla 47</b>	<i>Inyección de 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración</i> .....	121

<b>Tabla 48</b>	<i>Inyección de 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....</i>	125
<b>Tabla 49</b>	<i>Inyección de 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....</i>	130
<b>Tabla 50</b>	<i>Inyección de 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....</i>	134
<b>Tabla 51</b>	<i>Inyección de 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....</i>	138
<b>Tabla 52</b>	<i>Inyección de 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....</i>	142
<b>Tabla 53</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....</i>	147
<b>Tabla 54</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....</i>	148
<b>Tabla 55</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....</i>	150
<b>Tabla 56</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....</i>	152
<b>Tabla 57</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....</i>	154
<b>Tabla 58</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....</i>	155
<b>Tabla 59</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....</i>	158
<b>Tabla 60</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....</i>	159
<b>Tabla 61</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....</i>	160
<b>Tabla 62</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....</i>	163
<b>Tabla 63</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....</i>	164
<b>Tabla 64</b>	<i>Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....</i>	165

<b>Tabla 65</b>	<i>Pruebas de consumo de combustible con el sistema de inyección etanol/metanol.....</i>	167
<b>Tabla 66</b>	<i>Comparación de gases de escape con y sin el sistema de inyección de etanol .....</i>	167
<b>Tabla 67</b>	<i>Comparación de gases de escape con y sin el sistema de inyección de metanol.....</i>	174
<b>Tabla 68</b>	<i>Comparación de gases de escape con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol.....</i>	181
<b>Tabla 69</b>	<i>Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración a 3000 r.p.m. ....</i>	188
<b>Tabla 70</b>	<i>Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración a 4000 r.p.m. ....</i>	190
<b>Tabla 71</b>	<i>Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración a 5000 r.p.m. ....</i>	193
<b>Tabla 72</b>	<i>Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol después del cuerpo de aceleración a 3000 r.p.m. ....</i>	196
<b>Tabla 73</b>	<i>Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol después del cuerpo de aceleración a 4000 r.p.m. ....</i>	199
<b>Tabla 74</b>	<i>Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol después del cuerpo de aceleración a 5000 r.p.m. ....</i>	202
<b>Tabla 75</b>	<i>Análisis de consumo de combustible con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol.....</i>	206
<b>Tabla 76</b>	<i>Gases de escape - Termografía a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración.....</i>	208
<b>Tabla 77</b>	<i>Gases de escape - Termografía a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración.....</i>	217
<b>Tabla 78</b>	<i>Gases de escape – Termografía a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración.....</i>	226
<b>Tabla 79</b>	<i>Gases de escape – Termografía a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración.....</i>	236
<b>Tabla 80</b>	<i>Gases de escape - Termografía a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración.....</i>	246
<b>Tabla 81</b>	<i>Gases de escape - Termografía a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración.....</i>	256
<b>Tabla 82</b>	<i>Recursos materiales .....</i>	266

<b>Tabla 83</b> <i>Talento humano</i> .....	267
<b>Tabla 84</b> <i>Implementación del sistema de inyección</i> .....	267
<b>Tabla 85</b> <i>Implementación del módulo de control</i> .....	268
<b>Tabla 86</b> <i>Implementación de combustibles</i> .....	269
<b>Tabla 87</b> <i>Recursos tecnológicos</i> .....	269
<b>Tabla 88</b> <i>Equipos tecnológicos</i> .....	270

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Circuito del sensor del árbol de levas CMP .....	12
<b>Figura 2.</b> Señal de sensor CMP .....	12
<b>Figura 3.</b> Sensor TPS .....	13
<b>Figura 4.</b> Señal del sensor TPS .....	13
<b>Figura 5.</b> Circuito del sensor ECT .....	14
<b>Figura 6.</b> Señal de sensor ECT .....	14
<b>Figura 7.</b> Señal de temperatura de 80°C .....	15
<b>Figura 8.</b> Sensor MAP .....	15
<b>Figura 9.</b> Señal del sensor MAP .....	16
<b>Figura 10.</b> Sensor IAT .....	16
<b>Figura 11.</b> Tanque de almacenamiento de metanol .....	23
<b>Figura 12.</b> Sensor del tanque de almacenamiento y bomba .....	23
<b>Figura 13.</b> Bomba de inyección del metanol .....	23
<b>Figura 14.</b> Inyector de metanol .....	24
<b>Figura 15.</b> Cámara termográfica .....	33
<b>Figura 16.</b> Analizador de gases de escape .....	36
<b>Figura 17.</b> Cuenta revoluciones .....	37
<b>Figura 18.</b> G-scan2 .....	38
<b>Figura 19.</b> Sistema de admisión del motor .....	39
<b>Figura 20.</b> Despiece del sistema de admisión G13B .....	40
<b>Figura 21.</b> Modelado de las bases de los inyectores .....	40
<b>Figura 22.</b> Ensamble del sistema de admisión y bases de inyectores .....	41
<b>Figura 23.</b> Puntos de análisis de temperatura .....	43
<b>Figura 24.</b> Comportamiento térmico a 3000 r.p.m. ....	44
<b>Figura 25.</b> Comportamiento térmico a 4000 r.p.m. ....	44

<b>Figura 26.</b> Comportamiento térmico a 5000 r.p.m.....	45
<b>Figura 27.</b> Refrentado de las bases de inyectores.....	46
<b>Figura 28.</b> Cuerpo de aceleración implementado la base de inyectores .....	47
<b>Figura 29.</b> Diagrama hidráulico del sistema de inyección etanol/metanol .....	49
<b>Figura 30.</b> Circuito eléctrico de activación de las bombas .....	51
<b>Figura 31.</b> Disposición de pines del relé .....	52
<b>Figura 32.</b> Fusibles automotrices.....	53
<b>Figura 33.</b> Recopilación de datos de los sensores.....	56
<b>Figura 34.</b> Señal del sensor CMP .....	56
<b>Figura 35.</b> Pin de señal CMP .....	57
<b>Figura 36.</b> Curva de velocidad del motor 3000 r.p.m. ....	58
<b>Figura 37.</b> Señal del sensor ECT.....	58
<b>Figura 38.</b> Sensor ECT.....	59
<b>Figura 39.</b> Relación temperatura motor vs voltaje.....	60
<b>Figura 40.</b> Señal del sensor IAT .....	60
<b>Figura 41.</b> Sensor IAT .....	61
<b>Figura 42.</b> Temperatura del aire de admisión vs voltaje del sensor IAT.....	62
<b>Figura 43.</b> Señal del sensor TPS.....	62
<b>Figura 44.</b> Sensor TPS.....	63
<b>Figura 45.</b> Aceleración vs voltaje del sensor de posición del acelerador .....	64
<b>Figura 46.</b> Señal el sensor MAP .....	64
<b>Figura 47.</b> Sensor de presión del aire de admisión.....	65
<b>Figura 48.</b> Curva presión-voltaje del aire en el múltiple de admisión .....	66
<b>Figura 49.</b> Módulo de control en modo manual.....	68
<b>Figura 50.</b> Módulo de control en modo semiautomático.....	68
<b>Figura 51.</b> Módulo de control en modo automático .....	69
<b>Figura 52.</b> Selección de prueba de TEST OFICIAL .....	75
<b>Figura 53.</b> Prueba de TEST OFICIAL .....	76
<b>Figura 54.</b> Selección de PRUEBA CONTINUA.....	76
<b>Figura 55.</b> Análisis de gases en PRUEBA CONTINUA.....	77

<b>Figura 56.</b> Puntos de análisis para el sistema de admisión .....	77
<b>Figura 57.</b> Puntos de análisis del sistema de escape .....	78
<b>Figura 58.</b> Ruta de prueba en carretera.....	79
<b>Figura 59.</b> Ruta de prueba en ciudad .....	80
<b>Figura 60.</b> Test Oficial Chevrolet Jimny .....	81
<b>Figura 61.</b> Gases de escape en % de volumen sin inyección de etanol/metanol .....	82
<b>Figura 62.</b> Gases de escape en ppm de volumen sin inyección de etanol/metanol .....	83
<b>Figura 63.</b> Lambda sin inyección de etanol/metanol .....	83
<b>Figura 64.</b> Imagen termográfica del colector de admisión.....	84
<b>Figura 65.</b> Imagen termográfica del colector de escape .....	84
<b>Figura 66.</b> Óxido de carbono corregido con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración .....	88
<b>Figura 67.</b> Óxido de carbono con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración .....	88
<b>Figura 68.</b> Dióxido de carbono con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración .....	89
<b>Figura 69.</b> Hidrocarburos con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración .....	89
<b>Figura 70.</b> Oxígeno con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración .....	90
<b>Figura 71.</b> Óxidos nitrosos con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración...90	
<b>Figura 72.</b> Lambda con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración .....	91
<b>Figura 73.</b> Óxido de carbono corregido con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración .....	92
<b>Figura 74.</b> Óxido de carbono con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración .....	92
<b>Figura 75.</b> Dióxido de carbono con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración .....	93
<b>Figura 76.</b> Hidrocarburos con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración	93
<b>Figura 77.</b> Oxígeno con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración .....	94
<b>Figura 78.</b> Óxidos nitrosos con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración .....	94
<b>Figura 79.</b> Lambda con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración.....	95

<b>Figura 80.</b> Óxido de carbono corregido con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	96
<b>Figura 81.</b> Óxido de carbono con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	97
<b>Figura 82.</b> Dióxido de carbono con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	97
<b>Figura 83.</b> Hidrocarburos con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración ..	98
<b>Figura 84.</b> Oxígeno con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	98
<b>Figura 85.</b> Óxidos nitrosos con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	99
<b>Figura 86.</b> Lambda con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	99
<b>Figura 87.</b> Óxido de carbono corregido con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración .....	100
<b>Figura 88.</b> Óxido de carbono con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración .....	101
<b>Figura 89.</b> Dióxido de carbono con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración .....	101
<b>Figura 90.</b> Hidrocarburos con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración .....	102
<b>Figura 91.</b> Oxígeno con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración ....	102
<b>Figura 92.</b> Óxidos nitrosos con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración .....	103
<b>Figura 93.</b> Lambda con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración ....	103
<b>Figura 94.</b> CO corr a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	105
<b>Figura 95.</b> CO a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	105
<b>Figura 96.</b> CO <sub>2</sub> a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	106
<b>Figura 97.</b> HC a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	106
<b>Figura 98.</b> O <sub>2</sub> a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	107



<b>Figura 99.</b> NOx a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	107
<b>Figura 100.</b> Lambda a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	108
<b>Figura 101.</b> CO corr a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	109
<b>Figura 102.</b> CO a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	110
<b>Figura 103.</b> CO2 a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	110
<b>Figura 104.</b> HC a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	111
<b>Figura 105.</b> O2 a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	111
<b>Figura 106.</b> NOx a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	112
<b>Figura 107.</b> Lambda a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	112
<b>Figura 108.</b> CO corr a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	114
<b>Figura 109.</b> CO a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	114
<b>Figura 110.</b> CO2 a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	115
<b>Figura 111.</b> HC a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	115
<b>Figura 112.</b> O2 a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	116
<b>Figura 113.</b> NOx a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	116
<b>Figura 114.</b> Lambda a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	117
<b>Figura 115.</b> CO corr a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	118

<b>Figura 116.</b> CO a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	118
<b>Figura 117.</b> CO <sub>2</sub> a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	119
<b>Figura 118.</b> HC a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	119
<b>Figura 119.</b> O <sub>2</sub> a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	120
<b>Figura 120.</b> NO <sub>x</sub> a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	120
<b>Figura 121.</b> Lambda a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	121
<b>Figura 122.</b> CO corr a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	122
<b>Figura 123.</b> CO a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	122
<b>Figura 124.</b> CO <sub>2</sub> a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	123
<b>Figura 125.</b> HC a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	123
<b>Figura 126.</b> O <sub>2</sub> a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	124
<b>Figura 127.</b> NO <sub>x</sub> a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	124
<b>Figura 128.</b> Lambda a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración .....	125
<b>Figura 129.</b> CO corr a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	126
<b>Figura 130.</b> CO a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	127
<b>Figura 131.</b> CO <sub>2</sub> a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	127
<b>Figura 132.</b> HC a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	128

<b>Figura 133.</b> O <sub>2</sub> a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	128
<b>Figura 134.</b> NO <sub>x</sub> a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	129
<b>Figura 135.</b> Lambda a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	129
<b>Figura 136.</b> CO corr a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	130
<b>Figura 137.</b> CO a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	131
<b>Figura 138.</b> CO <sub>2</sub> a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	131
<b>Figura 139.</b> HC a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	132
<b>Figura 140.</b> O <sub>2</sub> a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	132
<b>Figura 141.</b> NO <sub>x</sub> a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	133
<b>Figura 142.</b> Lambda a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	133
<b>Figura 143.</b> CO corr a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	134
<b>Figura 144.</b> CO a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	135
<b>Figura 145.</b> CO <sub>2</sub> a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	135
<b>Figura 146.</b> HC a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	136
<b>Figura 147.</b> O <sub>2</sub> a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	136
<b>Figura 148.</b> NO <sub>x</sub> a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	137
<b>Figura 149.</b> Lambda a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	137

<b>Figura 150.</b> CO corr a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	138
<b>Figura 151.</b> CO a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	139
<b>Figura 152.</b> CO <sub>2</sub> a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	139
<b>Figura 153.</b> HC a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	140
<b>Figura 154.</b> O <sub>2</sub> a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	140
<b>Figura 155.</b> NO <sub>x</sub> a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	141
<b>Figura 156.</b> Lambda a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	141
<b>Figura 157.</b> CO corr a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	142
<b>Figura 158.</b> CO a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	143
<b>Figura 159.</b> CO <sub>2</sub> a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	143
<b>Figura 160.</b> HC a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	144
<b>Figura 161.</b> O <sub>2</sub> a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	144
<b>Figura 162.</b> NO <sub>x</sub> a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	145
<b>Figura 163.</b> Lambda a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración .....	145
<b>Figura 164.</b> Imagen termográfica de la base de inyectores 1 inyectado antes del cuerpo de aceleración .....	146
<b>Figura 165.</b> Imagen termográfica de la base de inyectores 2 inyectado después del cuerpo de aceleración .....	147
<b>Figura 166.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m. ....	148
<b>Figura 167.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m. ....	149

<b>Figura 168.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m.....	151
<b>Figura 169.</b> Imagen termográfica del colector de escape inyectado antes del cuerpo de aceleración .....	151
<b>Figura 170.</b> Imagen termográfica de la base de sensor de oxígeno inyectado después del cuerpo de aceleración .....	152
<b>Figura 171.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m. ....	153
<b>Figura 172.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m. ....	155
<b>Figura 173.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m. ....	156
<b>Figura 174.</b> Imagen termográfica de la base de inyectores 1 inyectado después del cuerpo de aceleración .....	157
<b>Figura 175.</b> Imagen termográfica de la base de inyectores 2 inyectado después del cuerpo de aceleración .....	157
<b>Figura 176.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m.....	159
<b>Figura 177.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m.....	160
<b>Figura 178.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m.....	161
<b>Figura 179.</b> Imagen termográfica del múltiple de escape inyectado después del cuerpo de aceleración .....	162
<b>Figura 180.</b> Imagen termográfica de la base del sensor de oxígeno inyectado después del cuerpo de aceleración .....	162
<b>Figura 181.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m. ....	164
<b>Figura 182.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m. ....	165
<b>Figura 183.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m. ....	166
<b>Figura 184.</b> Análisis de CO <sub>corr</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol.....	169
<b>Figura 185.</b> Análisis de HC y NO <sub>x</sub> a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol .....	169
<b>Figura 186.</b> Análisis del factor Lambda a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol.....	170
<b>Figura 187.</b> Análisis de CO <sub>corr</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol.....	171
<b>Figura 188.</b> Análisis de HC y NO <sub>x</sub> a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol .....	171

<b>Figura 189.</b> Análisis del factor Lambda a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol.....	172
<b>Figura 190.</b> Análisis de COcorr, CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol.....	173
<b>Figura 191.</b> Análisis de HC y NO <sub>x</sub> a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol .....	173
<b>Figura 192.</b> Análisis del factor Lambda a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol.....	174
<b>Figura 193.</b> Análisis de COcorr, CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol.....	175
<b>Figura 194.</b> Análisis de HC y NO <sub>x</sub> a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol .....	176
<b>Figura 195.</b> Análisis del factor Lambda a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol.....	177
<b>Figura 196.</b> Análisis de COcorr, CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol.....	177
<b>Figura 197.</b> Análisis de HC y NO <sub>x</sub> a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol .....	178
<b>Figura 198.</b> Análisis del factor Lambda a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol.....	179
<b>Figura 199.</b> Análisis de COcorr, CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol.....	180
<b>Figura 200.</b> Análisis de HC y NO <sub>x</sub> a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol .....	180
<b>Figura 201.</b> Análisis del factor Lambda a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol.....	181
<b>Figura 202.</b> Análisis de COcorr, CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol .....	182
<b>Figura 203.</b> Análisis de HC y NO <sub>x</sub> a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol.....	183
<b>Figura 204.</b> Análisis del factor Lambda a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol .....	183
<b>Figura 205.</b> Análisis de COcorr, CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol .....	184

<b>Figura 206.</b> Análisis de HC y NOx a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol .....	185
<b>Figura 207.</b> Análisis del factor Lambda a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol .....	185
<b>Figura 208.</b> Análisis de COcorr, CO, CO2, O2 a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol .....	186
<b>Figura 209.</b> Análisis de HC y NOx a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol .....	187
<b>Figura 210.</b> Análisis del factor Lambda a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol .....	187
<b>Figura 211.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	189
<b>Figura 212.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	190
<b>Figura 213.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	192
<b>Figura 214.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	193
<b>Figura 215.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	195
<b>Figura 216.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	196
<b>Figura 217.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración.....	198
<b>Figura 218.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	199
<b>Figura 219.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración.....	201
<b>Figura 220.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	202
<b>Figura 221.</b> Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración.....	204
<b>Figura 222.</b> Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	205
<b>Figura 223.</b> Comparación de consumo de combustible .....	207

<b>Figura 224.</b> Gases de escape en % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	209
<b>Figura 225.</b> HC – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	210
<b>Figura 226.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	211
<b>Figura 227.</b> Lambda – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	212
<b>Figura 228.</b> Gases de escape en % de volumen – Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	213
<b>Figura 229.</b> HC – Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	214
<b>Figura 230.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	215
<b>Figura 231.</b> Lambda – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	216
<b>Figura 232.</b> Gases de escape en % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	218
<b>Figura 233.</b> HC – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	219
<b>Figura 234.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	220
<b>Figura 235.</b> Lambda – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración.....	221
<b>Figura 236.</b> Gases de escape en % de volumen – Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	222
<b>Figura 237.</b> HC – Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	223
<b>Figura 238.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	224
<b>Figura 239.</b> Lambda – Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración.....	225
<b>Figura 240.</b> Gases de escape en % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	227



<b>Figura 241.</b> HC – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	228
<b>Figura 242.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	230
<b>Figura 243.</b> Lambda – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	231
<b>Figura 244.</b> Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	232
<b>Figura 245.</b> HC – Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	233
<b>Figura 246.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	235
<b>Figura 247.</b> Lambda – Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	236
<b>Figura 248.</b> Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	238
<b>Figura 249.</b> HC – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	239
<b>Figura 250.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	240
<b>Figura 251.</b> Lambda – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración.....	241
<b>Figura 252.</b> Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	242
<b>Figura 253.</b> HC – Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	243
<b>Figura 254.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	244
<b>Figura 255.</b> Lambda - Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	245
<b>Figura 256.</b> Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	248
<b>Figura 257.</b> HC – Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	249

<b>Figura 258.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	250
<b>Figura 259.</b> Lambda - Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	251
<b>Figura 260.</b> Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	252
<b>Figura 261.</b> HC - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	253
<b>Figura 262.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	255
<b>Figura 263.</b> Lambda - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración .....	256
<b>Figura 264.</b> Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	258
<b>Figura 265.</b> HC - Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	259
<b>Figura 266.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	260
<b>Figura 267.</b> Lambda - Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración.....	261
<b>Figura 268.</b> Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	262
<b>Figura 269.</b> HC - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	263
<b>Figura 270.</b> NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración .....	264
<b>Figura 271.</b> Lambda - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración.....	265

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b><i>Ecuación 1.</i></b> Coeficiente de transferencia de calor.....	11
<b><i>Ecuación 2.</i></b> Velocidad de corte .....	24
<b><i>Ecuación 3.</i></b> Tiempo de maquinado .....	26
<b><i>Ecuación 4.</i></b> Ley de Ohm .....	27
<b><i>Ecuación 5.</i></b> Potencia Eléctrica .....	28
<b><i>Ecuación 6.</i></b> Ecuación de Darcy .....	30
<b><i>Ecuación 7.</i></b> Ecuación general de la energía .....	31
<b><i>Ecuación 8.</i></b> Número de Reynolds .....	32

## RESUMEN

El trabajo de titulación investigó la incidencia del etanol/metanol en el colector de admisión del motor G13B del vehículo Chevrolet Jimny desde el punto de vista termográfico para el control de emisiones, para lo cual diseñó un sistema de inyección de bi-combustible controlado electrónicamente mediante la recepción de señales de sensores de temperatura, régimen de giro, presión y posición de la mariposa de aceleración procesados mediante un controlador a partir de un lenguaje de programación mediante software libre. El sistema funciona en diferentes modos; manual, semiautomático y automático para regular el tiempo de inyección de etanol, metanol y etanol/metanol en el orden milisegundos para los dos aditivos, a partir de dos condiciones a un régimen de giro de 3000 rpm y temperatura de operación de 75°C. Se realizaron pruebas experimentales de emisiones con el analizador de gases AGS 688 y temperatura con la cámara termográfica Fluke TiS-60, cuyos resultados se tabularon desde el punto de vista estadístico, gráfico y analítico, la inyección etanol/metanol es un aditivo y agente refrigerante de las temperaturas del múltiple de admisión para el control de agentes contaminantes como Hidrocarburos (*HC*), monóxidos de carbono (*CO*), dióxidos de carbono (*CO<sub>2</sub>*), oxígeno (*O<sub>2</sub>*), Óxidos nitrosos (*NO<sub>x</sub>*), subproductos de los procesos de combustión interna.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **TERMOGRAFÍA**
- **INYECCIÓN ELECTRÓNICA**
- **GASES CONTAMINANTES**
- **MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO**

## ABSTRACT

In the titled work, I researched the incidence of ethanol/methanol in the inlet manifold of the Chevrolet Jimny G13B engine from the thermographic viewpoint of the control of emissions. In order to do so, I designed an electronically controlled bi-combustible fuel injection system. In this system, a controller receives signals sensitive to the temperature, turning rate, pression, and the position of the throttle butterfly valve through the help of a free software programming language. The system works in different modes manual, semiautomatic, and automatic in order to regulate the timing of ethanol, methanol, and ethanol/methanol fuel injections. The injections are given at the millisecond rate with two starting conditions a turning rate of 3000 rpm and a temperature of operation of 75°C. Experimental tests of the emissions were conducted with an AGS 688 gas analyzer and a Fluke TiS-60 thermographic camera whose results were tabulated from the statistic, graphical, and analytical points of view. Ethanol/methanol is a cooling additive for the intake manifold in order to control for contaminating agents such as hydrocarbons (*HC*), carbon monoxide (*CO*), carbon dioxide (*CO<sub>2</sub>*), oxygen (*O<sub>2</sub>*), and nitrous oxide (*NO<sub>x</sub>*), subproducts of the internal combustion process.

### KEYWORDS:

- THERMOGRAPHY
- ELECTRONIC INJECTION
- POLLUTING GASES
- ELECTRONIC CONTROL MODULE

## CAPÍTULO I

### 1. GENERALIDADES.

#### 1.1. Antecedentes.

La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

La termografía provee una técnica para reunir datos necesarios para determinar pérdidas de calor, debido a que en la industria la cuantificación de las pérdidas de calor es de relevante importancia debido a la enorme cantidad de energía consumida en los procesos mecánicos, térmicos y eléctricos; y al alto costo subsecuente de la energía desperdiciada. (Muñoz-Potosi, Pencue-Fierro, & León-Téllez, 2009, p. 1).

Con la ayuda de la termografía, (Cortes, Zabaleta, & Botero, 2011) afirma: “Se pueden descubrir fallas en los equipos antes de que éstas generen un paro imprevisto de la planta de producción lo cual implica desperdiciar mucho tiempo en reparación y grandes pérdidas económicas” (p. 253). En síntesis, con la ayuda de la termografía se puede generar un mantenimiento preventivo en los motores de combustión interna antes de producir un daño mayor.

Según (Changming Gong, 2016), menciona que: “El metanol se considera uno de los combustibles favorables para los motores del futuro, la emisión de óxidos nítricos (NOX) también puede disminuir significativamente debido a su mayor calor latente de vaporización, lo que disminuye la temperatura del cilindro” (pág. 407).

Varias investigaciones centraron en la combustión y emisiones reguladas de los motores de ignición por chispa, por lo que:

Un retardo de la sincronización del encendido aumentó la temperatura de la mezcla de gases y la presión del cilindro, produciendo monóxido de carbono (CO)

en menor cantidad y cerca de la estequiometría, también valores más bajos de la mezcla rica, produciendo menos emisión de NOX. (Changming Gong, 2016, pág. 407)

El efecto de las mezclas de metanol-gasolina sobre las características de combustión, para tal efecto, (Changming Gong, 2016), señala que: “La emisión de Hidrocarburos (HC) durante la combustión de la mezcla rica aumentó con metanol adicional en la mezcla a temperaturas relativamente bajas, debido al mayor calor de evaporación absorbido por el combustible mezclado en comparación con la gasolina” (pág. 408).

Los efectos de la baja temperatura en las emisiones gaseosas de arranque en frío de vehículos ligeros alimentados con etanol y mezcla de gasolina. Encontraron que las emisiones no reguladas a  $-7^{\circ}\text{C}$  eran más altas que a  $22^{\circ}\text{C}$ , independientemente del contenido de etanol en la mezcla de combustible. (Changming Gong, 2016, pág. 409).

La producción de formaldehído se promovió con la adición de metanol, tal es el caso que:

Al final del proceso de admisión, se produce una oxidación a baja temperatura del metanol en el cilindro, y se genera algo de formaldehído, que aumenta con el aumento del metanol en la mezcla de combustible. Después de que comience la combustión, el formaldehído se genera rápidamente, luego disminuye por oxidación rápida. (Jiajun Liua, 2017, pág. 406).

Los factores que influyen en las emisiones de formaldehído durante la oxidación del metanol, lo cual se encontró que:

La temperatura de oxidación incipiente del metanol era de aproximadamente 723 K en las condiciones de ensayo. La oxidación del metanol fue afectada principalmente por la temperatura, con el tiempo de reacción un efecto secundario cuando la temperatura excedió 933 K. El formaldehído primero aumentó después disminuyó con el aumento de

la temperatura, porque la formación de formaldehído y la oxidación son afectadas principalmente por la temperatura. (Jiajun Liua, 2017, pág. 407).

Sobre el asunto, (Venugopal Thangavel, 2016), afirma que: “La adición de etanol a la gasolina redujo el ciclo por variaciones del ciclo debido a los límites de inflamabilidad más amplios y la alta velocidad de la llama del etanol” (pág. 347).

El retraso de la sincronización de la inyección a 49° CABTDC (Ángulo del cigüeñal antes del tiempo de compresión) produce una temperatura máxima del cilindro de 1100 °K, y da como resultado una oxidación incompleta del metanol no quemado, formando formaldehído y aumentando la concentración de formaldehído en el cilindro. Como resultado, se aumenta la combustión de la mezcla metanol-aire y se reduce simultáneamente el metanol no quemado. Retrasar aún más el tiempo de inyección desde 49° CABTDC elevará la temperatura máxima del cilindro por encima de 1200 °K, oxidando completamente el metanol no quemado y las emisiones de formaldehído y de metanol no quemado. (Changming Gong, 2016, pág. 414)

En comparación con la fumigación con etanol, la fumigación con metanol tiene una influencia más fuerte sobre la temperatura del gas en el cilindro, la relación aire / combustible, los procesos de combustión y, por lo tanto, las emisiones del motor. (D.K. Jamuwa, 2017)

La variación de las emisiones de NO<sub>x</sub>, CO y HC en el modo de funcionamiento usando etanol se presentan en unidades indicadas (g / kWh) conduce a una reducción de las emisiones, teniendo una variación en la temperatura del aire de admisión entre (160°C y 190°C) generada por la inyección de etanol y una variación de la relación aire/combustible que va entre los (2.0 y 5.0), según (Rakesh Kumar Maurya, 2014) se obtiene una reducción del 10%, 13.9% y 39% respectivamente de la emisión de gases contaminantes.

La variación de las emisiones de NO<sub>x</sub>, CO y HC en el modo de funcionamiento usando metanol se presentan en unidades indicadas (g / kWh) conduce a una reducción de las



emisiones, teniendo una variación en la temperatura del aire de admisión entre (155°C y 190°C) generada por la inyección de metanol y una variación de la relación aire/combustible que va entre los (2.0 y 5.0), según (Rakesh Kumar Maurya, 2014) se obtiene una reducción del 4%, 24.45% y 49% respectivamente de la emisión de gases contaminantes.

El metanol usado como un aditivo o sustituto de la gasolina podría inmediatamente ayudar a resolver problemas de energía y contaminación atmosférica.

Por lo tanto, la mezcla de metanol-gasolina resulta en un incremento en el ahorro de combustible, temperaturas más bajas de los gases de combustión, menores emisiones de gases, y rendimiento mejorado, en comparación al uso de la gasolina sola. El metanol también puede ser quemado limpiamente para la mayoría de nuestras otras necesidades de combustible, y este es especialmente apropiado para ser usado en celdas de combustible para generar electricidad. (Bautista, 2011, pág. 26).

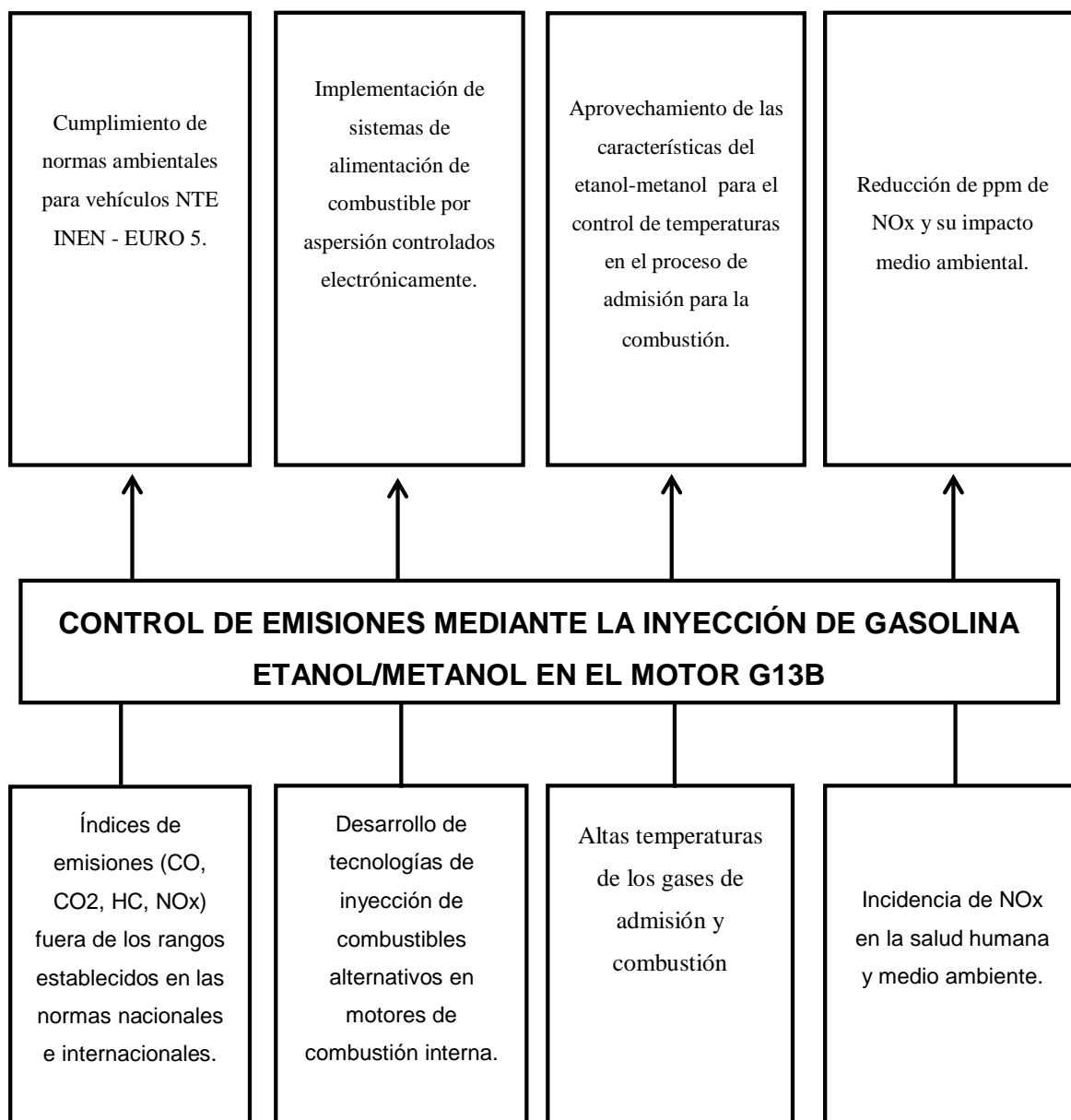
La importancia en la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero.

Sobre el asunto, el etanol se presenta como una alternativa sobre los combustibles fósiles, principalmente porque se produce a partir de recursos naturales renovables, adicionalmente el etanol presenta un mejor índice antidetonante en comparación a la gasolina y se logra una reducción en las emisiones contaminantes. (Martínez-Martínez, Cruz, Morales, & García, n.d., p. 1203).

## **1.2. Planteamiento del problema.**

El alto índice de contaminación producida por los gases de escape consecuencia de los procesos de combustión inadecuados por automotores, problemática medio ambiental, de tal manera que la industria automotriz debe implementar sistemas automotrices y usar combustibles alternativos de tal manera de mejorar dichos procesos,

aplicando tecnologías que optimicen los sistemas de alimentación para controlar los niveles de emisiones a valores permisibles de acuerdo a normativas de regulación.



Los índices de emisiones de los gases contaminantes (CO, CO<sub>2</sub>, HC, NOx) provocados por la combustión se encuentran fuera de los rangos establecidos en las normas nacionales e internacionales dando como resultado el incumplimiento de las normas ambientales para vehículos NTE INEN-EURO 5.

El desarrollo de tecnologías de inyección de combustibles alternativos en motores de combustión interna controlados mediante la gestión electrónica por aspersión controlados electrónicamente, regula altas temperaturas de los gases de admisión y escape, mediante el aprovechamiento de las características del etanol-metanol; disminuyendo los niveles NOx y su impacto medio ambiental.

### **1.3. Descripción resumida del proyecto**

La presente investigación “Análisis termográfico y control de emisiones del proceso de combustión con la inyección de combustible gasolina - etanol/metanol en el motor G13B” desarrolló los siguientes aspectos:

Se recopiló información técnica y científica de fuentes confiables como bases digitales, libros, manuales, fichas técnicas, normas y publicaciones científicas que describen el uso de aditivos carburantes para el motor que mejoran el desempeño del motor y disminuyen los diferentes agentes contaminantes.

Se diseñó e implementó un sistema de alimentación etanol-metanol controlado electrónicamente para la activación de dos inyectores por aspersión en el colector de admisión del motor G13B que trabaja en diferentes condiciones de operación.

Se verificó la funcionalidad y operatividad del sistema de inyección de etanol-metanol implementado en el vehículo Chevrolet Jimny, en función del régimen de giro del motor, volumen, temperaturas del motor, salida de gases de escape mediante un protocolo de pruebas en ciudad y carretera.

Con la Cámara Termográfica Fluke TIS-60 se obtuvo datos de temperatura en el colector de la admisión, colector de escape, catalizador y tubo de escape mediante imágenes dinámicas con el software de análisis SmartView.

Se realizó pruebas con el analizador de gases BRAIN BEE AGS-688 variando los tiempos de inyección de etanol-metanol en la admisión del motor G13B.

Se analizó y se comparó la incidencia de la implementación del sistema de inyección en el control de emisiones de acuerdo a la normativa NTE INEN 2202, con los datos dinámicos de temperatura y de emisiones de gases generadas en el motor G13B en condiciones estándar y con el sistema de inyección etanol-metanol.

#### **1.4. Justificación e importancia**

Ecuador está conformado por más de 2 millones de vehículos de los cuales 1, 209,509 funcionan con gasolina y forman parte de una de los mayores generadores de NOx para el medio ambiente. Por ello es necesario e imprescindible mantenerse al tanto de la información técnica especializada que permita dar el uso e implementación adecuado de un sistema de inyección etanol-metanol. (INEC, 2016)

El avance tecnológico en el campo Automotriz permite estar a la par con tecnologías modernas y brinda diversos dispositivos para mejorar las prestaciones del motor, y hacerlo más amigable con el medio ambiente, creando fuentes de investigación que utilicen tecnologías de inyección de combustible alternativos en los motores.

El Plan Nacional del buen Vivir en el Objetivo 11, que menciona sobre “ASEGURAR LA SOBERANÍA Y EFICIENCIA DE LOS SECTORES ESTRATÉGICOS PARA LA TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL Y TECNOLÓGICA” en el artículo 11.1 literal j que indica: “Generar alternativas, fortalecer la planificación e implementar regulación al uso energético en el transporte, los hogares y las industrias, para modificar los patrones de consumo energético, con criterios de eficiencia y sustentabilidad”, por lo que sugiere buscar combustibles alternos que tengan beneficios ya sea económicos, sociales o ambientales.

Obtener parámetros variados acerca de los cambios generados en la temperatura del sistema de admisión, sistema de escape y emisión de gases del motor G13B al inyectar etanol-metanol, mediante un sistema por aspersion que contribuya en la

reducción de emisiones y al cumplimiento de los límites establecidos por las normas NTE INEN 2202 y EURO 5.

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### **1.5.1. Objetivo general**

- Analizar termográficamente y controlar las emisiones en los procesos de combustión del motor G13B mediante la inyección de combustible gasolina-etanol/metanol.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Recopilar información técnica y científica de fuentes confiables como bases digitales, libros, manuales, fichas técnicas, normas y publicaciones científicas.
- Diseñar e implementar un sistema de alimentación etanol-metanol por aspersión controlado electrónicamente en el motor G13B.
- Verificar la funcionalidad del sistema de inyección de etanol-metanol en diferentes condiciones de funcionamiento mediante un protocolo de pruebas en ciudad y carretera.
- Obtener datos e imágenes de temperatura dinámicas en el colector de la admisión, cámara de combustión, colector de escape, catalizador y tubo de escape con la ayuda de la Cámara Termográfica Fluke TIS60 mediante el software de análisis SmartView.
- Realizar pruebas de emisiones con el analizador de gases BRAIN BEE AGS-688 en diferentes condiciones de funcionamiento del motor G13B en condiciones estándar y con el sistema de inyección etanol-metanol.
- Analizar y comparar la incidencia de la implementación del sistema de inyección etanolmetanol en el control de emisiones de acuerdo a la normativa NTE INEN – EURO 5 relacionando datos dinámicos de temperatura y de emisiones de gases generadas en el motor G13B.

## **1.6. Metas**

- Diseñar e implementar un sistema de alimentación etanol-metanol por aspersión controlado electrónicamente en el colector de admisión en el motor G13B, el cual suministra al motor los diferentes fluidos al cumplir las condiciones de régimen de giro y temperatura del motor.
- Analizar dinámicamente temperaturas del sistema de admisión y escape del motor G13B en tiempo real mediante Temperatura mediante el uso del Software SmartView.
- Realizar pruebas de emisiones con el analizador de gases BRAIN BEE AGS-688 bajo diferentes proporciones etanol-metanol en test oficial y prueba continua.

## **1.7. Hipótesis**

La inyección de etanol/metanol por aspersión en el sistema de admisión del motor G13B disminuirá la temperatura de aire de admisión en un 20% de tal manera que se reducirá los Óxidos nitrosos NOx generados en los procesos de combustión en un 10%.

## **1.8. Variables de investigación**

Las variables son dependientes e independientes se aplicará en el desarrollo del proyecto de investigación.

### **1.8.1. Variables Independientes:**

Sistema de inyección etanol-metanol.

### **1.8.2. Variables Dependientes:**

Análisis termográfico y disminución de los niveles de contaminación.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Norma internacional de emisiones

La Norma Oficial NOM-EM-167-SEMARNAT-2016 define los niveles máximos permisibles para las emisiones contaminantes que provienen de vehículos a gasolina mediante prueba estática. (Federación, 2016)

##### 2.1.1. Método de prueba estática

Para la ejecución del método de prueba estática el vehículo debe estar apagado, colocado el freno de mano y en velocidad neutral tomando las debidas medidas de seguridad. Se debe registrar el tiempo que tarda en apagarse la luz check engine, siguiendo con la revisión electrónica del sistema de diagnóstico a bordo verificando que no exista ningún código de falla. Por último se utiliza el analizador de gases que debe tener una certificación de su funcionamiento y rangos de medición apropiados, para obtener un correcto registro de los valores obtenidos.

**Tabla 1**  
Norma NOM-EM-167-SEMARNAT-2016

Tren Motriz	Hidrocarburos (HC) (ppm)	MonÓxido de carbono (CO) (%Vol)	Oxíge no (O2) (%Vol)	Dilución (%Vol)		Lambda
				Mínimo	Máximo	
2005 y posteriores	100	0.5	2.0	13	16.5	1.03

Fuente: (Federación, 2016)

## 2.2. Norma nacional

### 2.2.1. Norma INEN 2 204-2002

Establece los límites permisibles de emisiones de escape, para vehículos con motor a gasolina, bajo la condición en ralentí. (Norma nacional INEN 2 204, 2002)

**Tabla 2**

*Límites máximos de emisiones para vehículos con motor a gasolina*

Año modelo	%CO		ppm HC	
	0-1500	1500- 3000	0-1500	1500-3000
<b>2000 y posteriores</b>	1.0	1.0	200	200
<b>1990 a 1999</b>	3.5	4.5	650	750
<b>1989 y anteriores</b>	5.5	6.6	1000	1200

Fuente: (Norma nacional INEN 2 204, 2002)

## 2.3. Transferencia de calor por convección

“Comprende dos mecanismos de ocurrencia simultánea, difusión o conducción, acompañada con transporte macroscópico de calor hacia un fluido en movimiento”. (Kreith, Manglik, & Bohn, 2012)

$$h_c = \frac{-k_f \left( \frac{\partial T}{\partial y} \right)_{y=0}}{T_s - T_\infty}$$

**Ecuación 1.** Coeficiente de transferencia de calor

Fuente: (Kreith, Manglik, & Bohn, 2012)

Donde:

$k_f$  = Conductividad térmica [W/m K]

$\frac{\partial T}{\partial y}$  = Gradiente de temperatura [K/mm]



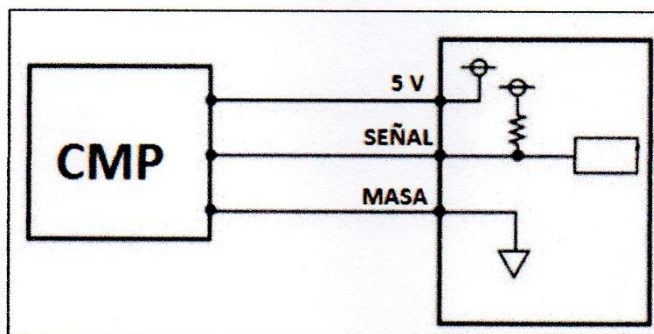
$T_s$  = Temperatura final [K]

$T_\infty$  = Temperatura inicial [K]

## 2.4. Sensores

### 2.4.1. Sensor del árbol de levas (CMP).

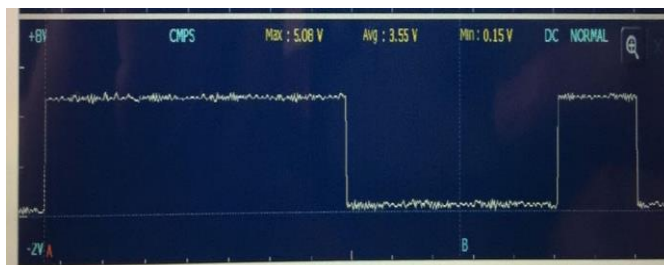
Este sensor es de tipo hall emite una señal cuadrada a la ECU, esta señal se utiliza para sincronizar de manera correcta el momento en que se active los inyectores de combustible. (Cise Electronics, 2013)



**Figura 1.** Circuito del sensor del árbol de levas CMP

Fuente: (Santander, 2003)

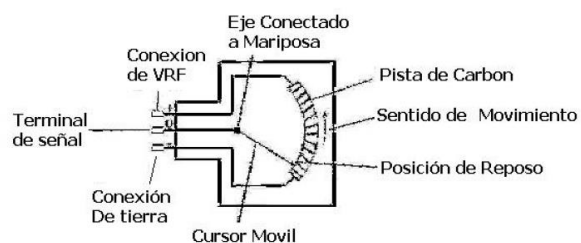
La señal que proporciona el sensor es de tipo cuadrada donde se tiene una amplitud de 5 V y un ancho de pulso alto y bajo, es decir, cuando las revoluciones del motor aumentan, se reduce el tiempo de periodo de oscilación de la señal.



**Figura 2.** Señal de sensor CMP

### 2.4.2. Sensor de posición de aceleración (TPS).

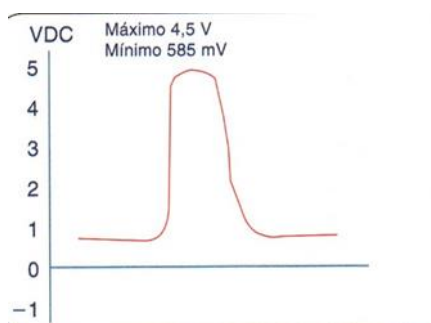
Este sensor es de tipo potenciómetro, es el encargado de medir el ángulo de rotación de la mariposa del cuerpo de aceleración y transformarlo en una señal eléctrica. Emite un voltaje de 0.5 V, cuando no existe aceleración o el acelerador se encuentra cerrado. El voltaje se incrementa gradualmente a medida que se siga acelerando a un valor de 5 V. (BOSCH, 2015)



**Figura 3.** Sensor TPS

Fuente: (Echbook, 2016)

La señal que envía el sensor a la ECU es de voltaje variable, con una amplitud de máximo 5 V y mínima de 0.4 V dependiendo del ángulo de apertura de la mariposa de aceleración.

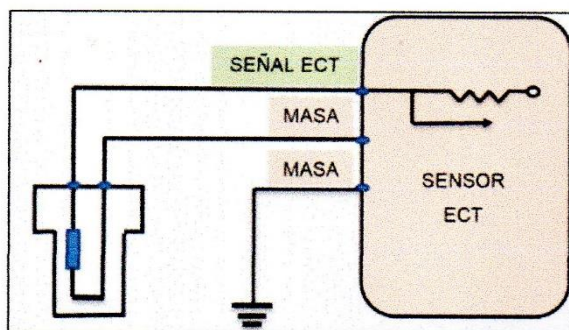


**Figura 4.** Señal del sensor TPS

Fuente: (Santander, 2005)

### 2.4.3. Sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

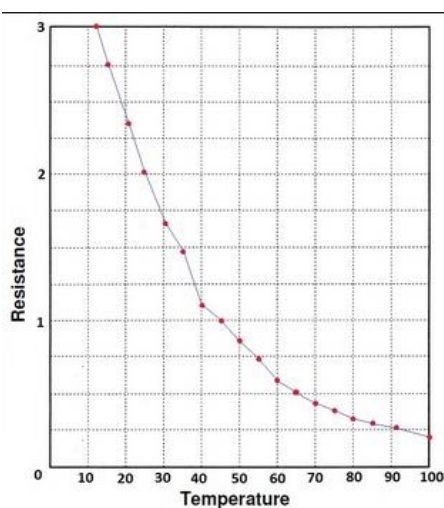
Este sensor es de tipo termistor, responde drásticamente a los cambios de temperatura, cuando el motor se encuentra en frío, el voltaje de referencia tendrá un valor aproximado de 5 V, es decir que a medida que el motor incremente su temperatura progresivamente, dicho voltaje disminuirá. (Santander, 2005)



**Figura 5.** Circuito del sensor ECT

Fuente: (Manual CEAC del automóvil, 2003)

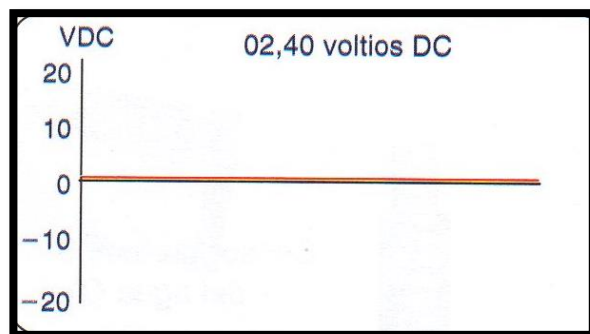
La resistencia del sensor asciende a medida que la temperatura a medida que la temperatura del motor se incrementa.



**Figura 6.** Señal de sensor ECT

Fuente: (Bosch, 2002)

La señal del sensor de temperatura del motor una vez alcanzada la temperatura normal de funcionamiento.

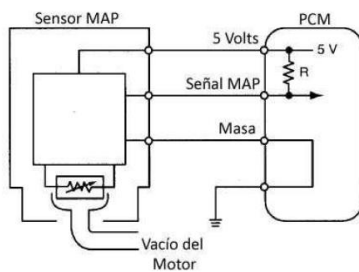


**Figura 7.** Señal de temperatura de 80°C

Fuente: (Santander, 2005)

#### 2.4.4. Sensor de presión absoluta de múltiple (MAP)

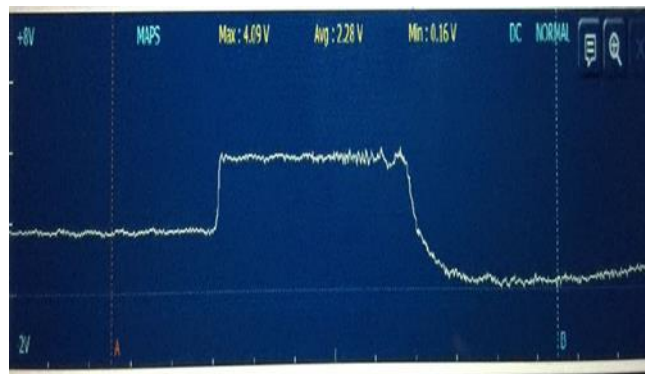
Este sensor es de tipo termistor, se encarga de inspeccionar constantemente el vacío del múltiple de admisión, durante la marcha del motor, generando una tensión variable hacia la unidad de control en función a la cantidad de aire admitido, cuando el vehículo se encuentra en ralentí el voltaje de señal está comprendido entre 0.9 V y 1.5 V, de igual manera cuando el motor se acelera entrega un voltaje comprendido entre 1.5 V a 5 V. (Echbook, 2016)



**Figura 8.** Sensor MAP

Fuente: (Echbook, 2016)

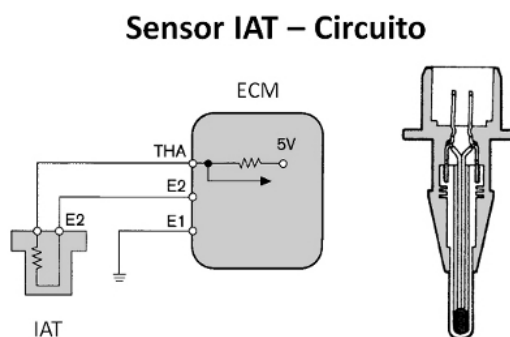
La señal entregada por el sensor a la ECU, es de tipo variable, con un ancho de pulso de 4,3 V máximo y un mínimo de 0.9 V, es decir se acerca a la presión atmosférica, en función al vacío que se está generando dentro del múltiple de admisión.



**Figura 9.** Señal del sensor MAP

#### 2.4.5. Sensor de temperatura de aire de entrada (IAT)

Este sensor es de tipo termistor, posee internamente una resistencia, la cual va tener un valor en función a la temperatura de ingreso del aire, que entrega a la ECU, es decir a una temperatura ambiente tendrá un voltaje de 5V aproximadamente y a una temperatura mayor de aire tendrá un valor de voltaje descendente. (Bosch, 2002, pág. 128)



**Figura 10.** Sensor IAT

Fuente: (Echbook, 2016)

## **2.5. Emisiones contaminantes**

### **2.5.1. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

“Cuando la combustión es completa, el carbono (C) contenido en el combustible, reacciona con el oxígeno (O), formando Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)”. (F.Murenaa, Mocerinob, FQuarantab, & D.Toscano, 2018)

Según (Perez, 2011) cuando es mayor la concentración de CO<sub>2</sub>, el proceso de combustión se lleva a cabo de una mejor manera. (BOSCH, 2003). Afirma que el Dióxido de carbono está presente en los gases de combustión con una parte de aproximadamente el 13.7%.

### **2.5.2. Monóxido de Carbono (CO)**

“Este gas se da como consecuencia del proceso de combustión incompleta del carbono que posee el combustible. Se encuentra presente en un porcentaje inferior al 1% en el escape, y puede ascender a un valor del 4% en sistemas no catalizados, más aun con alimentación por carburador. Su valor es directamente proporcional a la mezcla aire combustible, de tal manera que cuanto más pobre sea la mezcla, menos CO se produce” (Perez, 2011).

### **2.5.3. Óxido de Nitrógeno (NO)**

Este gas es “producido por medio de oxidación del nitrógeno contenido en el aire de combustión”. (Prieto, 2017)

*“Su emisión llega a ser alta cuando más se acerque la dosificación a su valor estequiométrico ( $\lambda = 1$ ). Por consecuencia, cuanto mayor es el rendimiento, tanto térmico como volumétrico, del motor, más emisión de NO<sub>x</sub> se crea. En otras palabras cuando la temperatura de la cámara de combustión es más elevada mayor será la producción de NO<sub>x</sub>”.* (Perez, 2011)

Según (Ríos & Araya, 2012) menciona que: Los  $NO_x$  es el resultado del conjunto de emisiones generadas en el proceso de combustión, que están constituidas en un 90-95% entre el óxido nítrico NO y un 5 a 10% el dióxido nítrico  $NO_2$ , como consecuencia de las altas temperaturas y a la presencia de oxígeno y nitrógeno contenidos en el aire comburente y en el combustible.

“El aire y algunos combustibles contienen nitrógeno. Cuando estos combustibles junto al nitrógeno son quemados, se forma  $NO_x$  de combustible y su producción puede ascender considerablemente durante el proceso de combustión”. (Ríos & Araya, 2012)

#### **2.5.4. Hidrocarburos (HC)**

“Estos gases, se encuentran presentes en las partículas de combustible sin quemar, de acuerdo a normas actuales los HC no deben exceder las 100ppm, Los Hidrocarburos son directamente proporcionales a la mezcla, por lo tanto al tener una mezcla pobre, menores HC se emiten”. (Perez, 2011).

#### **2.5.5. Oxígeno (O<sub>2</sub>)**

“Es el gas fundamental para llevar a cabo el proceso de combustión, se encuentra presente en el aire en un 21%, es fundamental para el proceso de oxidación, una vez que se realiza la combustión en el motor, el escape emite un porcentaje de oscilación entre 0,5% y 3%”. (Perez, 2011).

Un valor alto de Oxígeno puede deberse a una mezcla pobre, combustiones incompletas o un escape roto. Un valor de 0% significa que se ha consumido todo el Oxígeno disponible en la cámara de combustión. (Qiao, y otros, 2017)

### **2.6. Metanol**

#### **2.6.1. Características**

(Zhen, 2018) Establece las siguientes características del metanol: a) Fórmula química:  $CH_3OH$ . b) Densidad equivalente a  $0,8 \text{ g/cm}^3$ . c) Punto de ebullición equivalente a  $65^\circ\text{C}$ .

d) Punto de fusión:  $-97^{\circ}\text{C}$  e) Viscosidad: 0,59 mPas a  $20^{\circ}\text{C}$ . f) Presión crítica equivalente a  $81 \pm 1$  atm.

### 2.6.2. Aplicaciones

- “El combustible de metanol se considera un combustible verde viable para los motores de combustión interna debido a sus bajas emisiones de hollín y la posibilidad de que se produzca de manera neutral al  $\text{CO}_2$ .” (Zhen, 2018)
- Se considera como un producto inflamable debido a que emite vapores que mezclados con el aire en proporciones correctas, dan como resultado mezclas combustibles. Posee un poder calorífico alto, dando como resultado de que arda con una flama con un punto de inflamación de  $12,2^{\circ}\text{C}$  y la misma tiene la característica de ser incolora y transparente. (Bautista, 2011)
- La necesidad de bajar la toxicidad de las emisiones de las naftas ha dado como resultado la aplicación de otras alternativas de combustibles, uno de los avances que ha tenido resultados favorables es el metanol como combustible alternativo, este es un combustible alternativo para motores de combustión interna y otros, puede ser en combinación con gasolina o 100% puro. (Zhen, 2018)
- Posee cualidades refrigerantes que se aplica para enfriar la mezcla aire/combustible, por su punto de congelación bajo, ocasiona una disminución de los niveles de contaminación y ayuda a una mejora de la combustión. (G.Castellar, E.R.Angulo, & B.M.Cardozo, 2014)
- El metanol cuando es usado para alimentar un motor de combustión interna, emite un 15 a 20% menos carbono, a comparación de la gasolina. (Methanol Fuels, s.f.)



### 2.6.3. Normativa NTE INEN 2 162:99

Esta norma define los requisitos básicos que debe poseer el metanol para uso industrial. (Norma NTE INEN 2 162:99, 1999)

**Tabla 3**  
*Requisitos del metanol*

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIM	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Densidad relativa a 20 °C		0,791	0,793	NTE INEN 2 150
Rango de destilación a 101,3 Kpa desde el punto de ebullición hasta sequedad	°C	63,6	64,6	NTE INEN 2 151
Acidez libre, como ácido acético	% (m/m)	-	0,003	NTE INEN 2 152
Contenido de humedad	% (m/m)	-	0,1	NTE INEN 2 154
Color	APHA	-	5	NTE INEN 2 155
Acetona	% (m/m)	50	-	NTE INEN 2 156
Tiempo de reducción del permanganato	Minutos	50	-	NTE INEN 2 157

Fuente: (Norma NTE INEN 2 162:99, 1999)

## 2.7. Etanol

### 2.7.1. Características

(BOSCH, 2003) Define las características del etanol las cuales son: a) Fórmula química:  $C_2H_5OH$ . b) Densidad equivalente a:  $0,79 \text{ g/cm}^3$ . c) Punto de ebullición equivalente a:  $78,4^\circ\text{C}$ . d) Poder calorífico de  $6.500 \text{ Kcal/Kg}$ . e) Viscosidad  $1.074 \text{ mPas}$  a  $20^\circ\text{C}$ . f) Temperatura crítica es de  $241^\circ\text{C}$ . g) Higroscópico, es decir “absorbe humedad del aire y se diluye en ella, el agua acumulada disminuye aún más el poder calorífico”. h) Bajo punto de fusión ( $-114^\circ\text{C}$ )

### 2.7.2. Aplicaciones

- Posee cualidades refrigerantes que se aplica para enfriar la mezcla aire/combustible, por su punto de congelación bajo, ocasiona una disminución de los niveles de contaminación y ayuda a una mejora de la combustión. (G.Castellar, E.R.Angulo, & B.M.Cardozo, 2014).
- Puede ser empleado como un combustible al 100% o como aditivo en diferentes proporciones, también puede ser usado como un anticongelante en radiadores ya que tiene la característica de un bajo punto de fusión. (Manual CEAC del automóvil, 2003)
- Como arde más lentamente a diferencia de la gasolina, es necesario aumentar la relación de compresión, y esto es posible gracias a que el etanol es un compuesto muy antidetonante. (Manual CEAC del automóvil, 2003).
- *“Disminuye ligeramente la emisión del CO<sub>2</sub> con efecto invernadero, con respecto a la nafta, y también la emisión de monóxido de carbono, óxidos de sulfuro y óxidos de nitrógeno. De esta manera, contribuye al mejoramiento de la salud y calidad de vida de la población”.* (Alvarez, Evelson, & Boveris, 2008)
- Según estudios realizados por el Departamento de Energía de USA, se comprueba que el etanol utilizado en los automóviles reduce en un 85% el efecto invernadero, reduciendo así considerablemente las emisiones contaminantes de HC (Industriales en Balanceo S.A, 2007)
- Cuando se emplea el etanol como combustible es necesario que se emplee lo más puro posible, ya que al mezclarse con el agua, este puede separarse de las fases gasolina-alcohol, generando fallas mecánicas (CONAE, 2005).

### 2.7.3. Normativa NTE INEN 2 478:2009

“Establece los requerimientos que debe cumplir el etanol para su uso industrial. Aplica para el etanol anhídrido de grado carburante desnaturalizado que su proceso de obtención es por procesos de fermentación empleado en mezclas con combustibles líquidos” (INEN, 2009)

**Tabla 4**  
*Requisitos del etanol*

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de
Contenido de etanol	%	96.3	-	ASTM D 5501
Acidez total	mg/100ml <sup>xxx</sup>	-	3,0	NTE INEN 341
Conductividad eléctrica	$\mu S/m$	-	500	ASTM D 1125
Densidad a 20 °C	Kg/m <sup>3</sup>	-	791,5	ASTM D 4052
Contenido de cloruros	mg/l	-	32	ASTM D 512
Contenido de agua	%	-	0,3	ASTM E 203
Contenido de cobre	mg/kg	-	0,1	ASTM D 1688 <sup>xx</sup>
Residuo por evaporación	mg/100ml	-	5,0	ASTM D 381
pHe	-	6,5	9,0	ASTM D 6423
Contenido de desnaturalizantes	%	2	3	ASTM D 6729

Fuente: (INEN, 2009)

## 2.8. Componentes del sistema de inyección etanol/metanol.

### 2.8.1. Batería

Como lo menciona (Quintana, 2015). El módulo de control electrónico de inyección etanol/metanol, junto a la bomba, tiene que estar sujeto a la energía que provee la batería del vehículo, para operar correctamente.

### 2.8.2. Depósito de almacenamiento de metanol

El material del cual está fabricado el depósito de metanol es de polietileno de alta densidad, debido a que el metanol daña algunos plásticos, atacando al plomo y aluminio, por lo tanto el depósito debe ser resistente al calor. (Textos Científicos, 2006).



**Figura 11.** Tanque de almacenamiento de metanol

Fuente: (Institute, Methanol, 2011)

El tanque de almacenamiento de metanol debe tener un sensor de nivel de llenado, para que así no exista ninguna complicación al momento de estar operando el sistema.



**Figura 12.** Sensor del tanque de almacenamiento y bomba

Fuente: (Institute, Methanol, 2011)

### 2.8.3. Bomba de inyección de metanol

La bomba de inyección del metanol tiene la función de conducir el metanol por las cañerías a una alta presión y con eficiencia. Está diseñada para soportar combustibles de baja lubricación como lo es el metanol. (Alliance Consulting International San Diego, California, EE. UU., 2008)



**Figura 13.** Bomba de inyección del metanol

Fuente: (Institute, Methanol, 2011)

#### 2.8.4. Inyector de metanol

Según lo menciona (Quintana, 2015), “el inyector dosifica el metanol a una presión de 40 Psi y como consecuencia de esto ocasiona una especie de niebla, la cual está formada de gotas microscópicas de metanol que a continuación se combina con aire en la cámara de combustión”, por esta razón el inyector cuenta con una válvula de retención integral para evitar el flujo de fluido no deseado.



**Figura 14.** Inyector de metanol

Fuente: (Institute, Methanol, 2011)

### 2.9. Procesos de mecanizado

Es un proceso de fabricación que abarca una serie de operaciones para la formación de piezas a través de la eliminación de material, lo cual existen dos tipos de procesos que son: por arranque de viruta o por abrasión.

#### 2.9.1. Velocidad de corte

(Steve Kar, 2012) Define a la velocidad de corte como: “la velocidad a la cual un punto de la circunferencia de la pieza que va a ser mecanizada, se traslada frente a la herramienta de corte”.

$$r/min = \frac{CS \times 1000}{\pi \times D}$$

**Ecuación 2.** Velocidad de corte

Fuente: (Steve Kar, 2012)

Donde:

CS= Velocidad de corte [m/min]

$D$  = Diámetro de la pieza [mm]

**Tabla 5**  
*Velocidades de corte en torno*

Refrendado, torneado, rectificación						
Material	Desbastado		Acabado		Roscado	
	Pies/min	m/min	Pies/min	m/min	Pies/min	m/min
Acero de máquina	90	27	100	30	35	11
Acero de herramienta	70	21	90	27	30	9
Hierro fundido	60	18	80	24	25	8
Bronce	90	27	100	30	25	8
Aluminio	200	61	300	93	60	18

Fuente: (Steve Kar, 2012)

### 2.9.2. Velocidad de avance

“Se define como la distancia que recorre la herramienta por cada revolución del husillo. En otras palabras el progreso con el que se lleva el corte”. (Steve Kar, 2012, pág. 369)

**Tabla 6**  
*Avances para diversos materiales*

Material	Pulgadas	Milímetros
Acero de máquina	0.010-0.020	0.25-0.50
Acero de herramientas	0.010-0.020	0.25-0.50
Hierro fundido	0.015-0.025	0.40-0.65
Bronce	0.015-0.025	.40-0.65
Aluminio	0.015-0.030	0.40-0.75

Fuente: (Steve Kar, 2012)

### 2.9.3. Tiempo de maquinado

Es el tiempo transcurrido en cualquier proceso de mecanizado. Está definido por la siguiente fórmula.

$$t_{maq} = \frac{l}{f * N}$$

#### **Ecuación 3.** Tiempo de maquinado

Fuente: (Steve Kar, 2012)

Donde:

$l$ = longitud del material [mm]

$f$ = Avance para diversos materiales [mm/rev]

$N$ = Velocidad de corte [rev/min]

### 2.10. Aluminio

Las aleaciones del aluminio son ligeras, fuertes y de fácil conformabilidad. Además son fáciles de ensamblar, fundir o maquinar y aceptan gran variedad de acabados.

El aluminio en estado puro es un material muy blando, con un bajo límite elástico, y poco tenaz, por lo que la adición de algunos elementos mejora algunas propiedades mecánicas, como: el límite de elasticidad, la resistencia a tracción y la dureza; disminuyendo otras, como: la ductilidad, la resistencia a la corrosión, la tenacidad y la conductibilidad térmica y eléctrica. (Tomás Gomez, 2014).

**Tabla 7**

*Propiedades del Aluminio*

	<b>Propiedad</b>	<b>Aluminio</b>
1	Esfuerzo (N/mm <sup>2</sup> )	250
2	Elasticidad E, Módulo de Young (MPa)	70.000
3	Densidad (g/mm <sup>2</sup> )	2.7
4	Punto de fusión (°C)	660
5	Rango de temperatura de trabajo (°C)	-250 a 150

CONTINÚA 

<b>6</b>	Conductibilidad eléctrica (m/Ohm $mm^2$ )	29
<b>7</b>	Conductividad térmica(W/m °C)	200
<b>8</b>	Coefficiente de expansión lineal x10-6/°C	200
<b>9</b>	No-magnético	Sí
<b>10</b>	Tóxico	No
<b>11</b>	Resistente a la corrosión	Sí
<b>12</b>	Mecanizado	Fácil
<b>13</b>	Maleable	Sí
<b>14</b>	Costo	Barato

Fuente: (Tomás Gomez, 2014)

## 2.11. Principio Eléctrico

### 2.11.1. Ley de ohm

“La intensidad de corriente que circula por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial (V) existente entre sus extremos, e inversamente proporcional a la resistencia (R) que ofrece al paso de la corriente”. (Navarro, 2007)

$$V = I * R$$

**Ecuación 4.** Ley de Ohm

Fuente: (Navarro, 2007)

Donde:

V = Voltaje [V]

I = Intensidad de corriente [A]

R = Resistencia [ $\Omega$ ]

### 2.11.2. Potencia

“Es la energía, generada o disipada, en una unidad de tiempo y se mide en vatios W”. (Gallardo, 2013)



$$P = \frac{E}{t}$$

**Ecuación 5.** Potencia Eléctrica

Fuente: (Gallardo, 2013)

Donde:

$E$ = Energía eléctrica [J]

$t$ = Tiempo [S]

## 2.12. Componentes Eléctricos y Electrónicos

Los componentes eléctricos son necesarios tanto para el control como para la seguridad del circuito.

### 2.12.1. Fusible

El fusible es el elemento encargado de proteger a los componentes de circuito contra los posibles daños que pueden derivar de las sobrecargas o cortos, lo cual es consecuencia de una sobrecarga mecánica del componente eléctrico o por tierras en el circuito. (José María Redondo Gallardo, 2013).

**Tabla 8**  
*Características de fusibles*

Clave	Amp	Voltaje (V)
11-2	2	32
11-3	3	32
11-4	4	32
11-5	5	32
11-7.5	7.5	32
11-10	10	32
11-15	15	32
11-20	20	32
11-25	25	32

11-30	30	32
-------	----	----

Fuente: (Difus, 2018)

**Tabla 9**  
*Características eléctricas del fusible*

Características eléctricas	
% Corriente	Tiempo de apertura
110	4 horas Min
135	0.75 A 1800 s
200	0.15 A 5 s
350	80 ms A 300 ms

Fuente:(Difus, 2018)

### 2.12.2. Relé

(Santander, 2005) Menciona que: “Es un instrumento operado magnéticamente, se activa o desactiva (dependiendo de la conexión) cuando el electroimán es energizado. Esta operación causa que haya conexión o no, entre dos o más terminales del depósito (relé)”.

### 2.12.3. Diodo

Consta de dos terminales que permite la circulación de corriente eléctrica, a través del mismo en un solo sentido, su fabricación es de silicio y germanio en algunos casos. (Santander, 2005, pág. 40)

El diodo tiene la característica de poder funcionar de dos maneras:

#### a. Polarización directa

“Ocurre cuando la corriente que circula por el diodo sigue la ruta de la flecha (del diodo), es decir del ánodo hacia el cátodo. De esta manera la corriente atraviesa del diodo sin dificultad comportándose prácticamente como un corto circuito”.

## b. Polarización inversa

“Ocurre cuando la corriente en el diodo desea circular en sentido opuesto a la flecha, es decir del cátodo hacia el ánodo. De esta manera la corriente no atraviesa el diodo, y se comporta como un circuito abierto”.

### 2.12.4. Transistor

(Parera, 2000) Menciona que: “Su función es de un interruptor en un circuito electrónico, si la base de la polaridad adecuada, en este caso positiva, habrá corriente de emisor a colector; de otra forma el transistor no conducirá corriente eléctrica”.

### 2.12.5. Condensador

“Está compuesto por dos láminas paralelas de material conductor denominadas placas, separadas por un aislante, este aislante impide el contacto eléctrico entre ambas armaduras. Su función es de almacenar energía eléctrica”. (Parera, 2000)

## 2.13. Principios Hidráulicos

### 2.13.1. Pérdidas Menores

“Las pérdidas menores suceden cuando hay un cambio en la sección cruzada de la trayectoria de flujo o en la dirección de flujo, o también cuando en la trayectoria de flujo existe una obstrucción”. (Mott, 1996)

(Mott, 1996), menciona que: *“Un componente de la pérdida de energía es como consecuencia de la fricción en el fluido en movimiento. Esta fricción es proporcional a la carga de la velocidad del flujo y al cociente de la longitud entre el diámetro de la corriente de flujo, para el caso de flujo en conductos o tubos. Se expresa con la siguiente ecuación:”*

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

**Ecuación 6.** Ecuación de Darcy

Fuente: (Mott, 1996)

Donde:

$h_L$  = pérdida de energía debido a la fricción [m]

$L$  = longitud de la corriente de flujo [m]

$D$  = diámetro del conducto [m]

$V$  = velocidad de flujo promedio [m/s]

$f$  = factor de fricción

### 2.13.2. Ecuación general de la energía

Toma en cuenta todas las energías del sistema ya que se presentan algunas pérdidas y adiciones de energía. Una bomba es un ejemplo común de un dispositivo mecánico que añade energía a un fluido. (Mott, 1996, pág. 192).

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

**Ecuación 7.** Ecuación general de la energía

Fuente: (Mott, 1996, pág. 192).

Donde:

$P_1$  = Presión al inicio [Pa]

$\gamma$  = Peso específico del fluido [ $N/m^3$ ]

$Z_1$  = Altura del depósito a la bomba [m]

$V_1$  = Velocidad del fluido al inicio [m/s]

$g$  = Gravedad [ $m/s^2$ ]

$h_a$  = Energía proporcionada por la bomba [m]

$h_R$  = Energía del fluido por medio de un motor [m]

$P_2$  = Presión al final [Pa]

$Z_2$  = Altura de la bomba hacia el inyector (salida) [m]

$V_2$  = Velocidad del fluido al inicio y final [m/s]

$h_L$  = Pérdida de energía debido a la fricción [m]

### 2.13.3. Número de Reynolds

Es un indicador adimensional del comportamiento de un fluido sea este laminar o turbulento, los flujos con numero de Reynolds bajo, tienen la característica de ser uniforme, estable y se denomina flujo laminar. Los flujos con número de Reynolds alto tienen la característica de ser rápidos e irregulares. (Mott, 1996, pág. 219)

$$N_R = \frac{V D \rho}{\mu}$$

**Ecuación 8.** Número de Reynolds

Fuente: (Mott, 1996)

Donde:

$N_R$  = Número de Reynolds

$\rho$  = Densidad del fluido [Kg/m<sup>3</sup>]

$\mu$  = Viscosidad del fluido [Pas\*s]

$D$  = Diámetro del conducto [m]

$V$  = Velocidad promedio del flujo [m/s]

### 2.14. Norma SAE J30R7

Esta norma permite la correcta selección de la cañería para la circulación de combustible, a la vez comparando con los requerimientos necesarios para la correcta operación del sistema.

**Tabla 10**

*Características de la cañería*

DIAMETRO (mm)	PRESION DE TRABAJO (PSI)	PRESION DE ROPTURA (PSI)
5	300	900
6	300	900
8	300	900

Fuente: (SAE, 2007)

## 2.15. Equipos de diagnóstico y medición

### 2.15.1. Cámara Termográfica

“Es la herramienta ideal para la resolución de problemas. Estas cámaras poseen infrarrojos de notables prestaciones y totalmente radiométricas, están fabricadas para su uso en entornos de trabajo adversos siendo ideales para mantenimientos preventivos y predictivos”. (Fluke, 2018).



**Figura 15.** Cámara termográfica

**Tabla 11**

*Características de la cámara termográfica FLUKE TIS60*

<b>Especificaciones</b>	<b>FLUKE TIS60</b>
Calidad de la imagen	Resolución de 260x195 (50.700)
Temperatura	-20°C a 550 °C
Pantalla	LCD 320x240
Memoria interna	4 GB
Tecnología	IR-Fusión
Profundidad de campo	417:1
Cámara digital de rendimiento industrial	5 megapíxeles
Sensibilidad	0.08°C

Comunicación	Wireless
Foco mínimo	0.45m
Código	FLK-TIS60 9HZ/MX

Fuente: (Camaras Termograficas Fluke, 2018).

### 2.15.2. Software Smart View

Según se menciona en la página web de (Camaras Termograficas Fluke, 2018), el Software Smart View, es una solución modular de herramientas que visualiza, optimiza y analiza imágenes infrarrojas (IR), también, genera informes completamente personalizables y con aspecto profesional en unos pocos pasos sencillos.

Las ventajas que posee este software son las siguientes:

#### a. Visualización y optimización de imágenes

- El modo AutoBlend permite combinar imágenes infrarrojas parcialmente transparentes con imágenes visibles una única vista que le permitirá identificar los problemas de manera simple.
- El modo picture-in-picture proporciona un marco visible alrededor de la imagen por infrarrojos para orientar y hacer referencia a áreas de interés de manera simple.
- Las alarmas de color permiten aislar zonas problemáticas para identificar y comunicar problemas de manera clara.

#### b. Análisis de imágenes

- Permite determinar los niveles de gravedad y clasificar de los problemas en orden de importancia, mediante las inspecciones mediante el empleo de marcadores y mediciones CNX y cuantifique las diferencias en características operativas.
- Permite tomar las lecturas más rápido y crear informes más exactos, con la incorporación de mediciones de la gama CNX a las imágenes térmicas.

### **c. Comunicación de resultados**

- Permite compartir los resultados enviando imágenes o informes por correo electrónico, de esta manera se puede agilizar los mantenimientos y solicitar ayuda si fuera necesario.
- Proporciona detalles completos de las inspecciones.

### **d. Generación de informes simplificada**

- Genera informes personalizados de aspecto profesional de forma rápida.
- La selección de opciones incluye antes y después imagen digital visible, anotaciones, datos y gráficos de apoyo (Camaras Termograficas Fluke, 2018).

## **2.16. Analizador de gases de escape**

El analizador de gases de escape es un instrumento empleado para la medición de gases de escape de un vehículo, para determinar el estado del motor, dichas mediciones se visualiza en fracciones de volumen como lo son: monÓxido de carbono (CO), Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Hidrocarburos (HC) y Oxígeno (O<sub>2</sub>). (Santander, 2003).

*“El analizador de gases de escape AGS-688 es el más completo que existe ya que posee una pantalla con display LCD para visualizar los valores obtenidos en tiempo real como son: gases de las emisiones, revoluciones por minuto, temperatura de funcionamiento del motor, adicional posee una impresora térmica para la obtención de reportes medidos”.* (Globaltech, 2016)

Es de gran ayuda para detectar anomalías en el funcionamiento del vehículo, y es fundamental para el control de las emisiones de gases de escape producidos por la combustión. Posee un software que sirve para la visualización y recopilación de datos, siendo fundamental para realizar un análisis comparativo de las emisiones. (Globaltech, 2016).





**Figura 16.** Analizador de gases de escape

**Tabla 12**

*Características del analizador de gases*

<b>Características</b>	<b>Detalle</b>
Tiempo de calentamiento	Menos a 10min
Función automática	De calibración a cero
Sistema de filtrado reforzado	Con trampa de agua
Pruebas automáticas	Para residuos de HC y vacío
Auto prueba	Y auto diagnóstico
Compensador	De altura
Medición inalámbrica	r.p.m., temperatura de aceite
Pantalla	LCD con iluminación de fondo
Conexión a PC	Vía cable usb, bluetooth
Mide	HC, CO, CO2, O2
Cálculo	Lambda y CO corregido
Habilitado para medición	NOx

Fuente: (Globaltech, 2016)

### **2.17. Medidor de revoluciones MGT-300**

Es un instrumento que permite medir de una manera exacta los parámetros tales como: r.p.m., temperaturas y algunos otros parámetros mediante el uso de conexión bluetooth.

El equipo puede medir las r.p.m. y temperatura solo conectado a la batería del vehículo, posee una interfaz que permite la lectura de dichos valores.

Una de las prestaciones que posee este equipo es la comunicación por medio de bluetooth con el analizador de gases de escape Brain Bee AGS-688 (Globaltech, 2016).



**Figura 17.** Cuenta revoluciones

## **2.18. Scanner Automotriz G-scan2**

(Globaltech, 2007) Menciona que las características del scanner G-scan 2 son las siguientes:

- a) Osciloscopio 100% automotriz que posee 4 canales con autorango, preseteo señales de vehículos, formas de onda de referencia.
- b) Multímetro gráfico automotriz autorango de 0 a 400V
- c) Simulador de sensores
- d) Conectores OBD I y OBD II
- e) Lectura y borrado de códigos de falla
- f) Operación de vehículos de 12 V y 24 V
- g) Lectura digital y gráfica de flujo de datos



**Figura 18.** G-scan2

## 2.19. Arduino

Es una plataforma de código libre diseñada para facilitar proyectos de electrónica. Posee un entorno gráfico de desarrollo que usa un lenguaje de programación processing/wiring y un gestor de arranque; en lo que respecta al hardware está compuesta por un microcontrolador y puertos de entrada y salida. (González, 2016)

Según (Venemedia, 2015) afirma que *“Las placas Arduino tienen una variedad de aplicaciones entre las cuales son utilizadas como componentes electrónicos de automóviles y para controlar los encendidos de motores de arranque, también para convertir datos de analógicos a digitales y servir para pequeños proyectos de investigación portátiles, independientes de ordenadores más grandes, pero limitadas a la función para la que fueron configuradas”*.

## CAPÍTULO III

### 3. SISTEMA DE INYECCIÓN ETANOL/METANOL

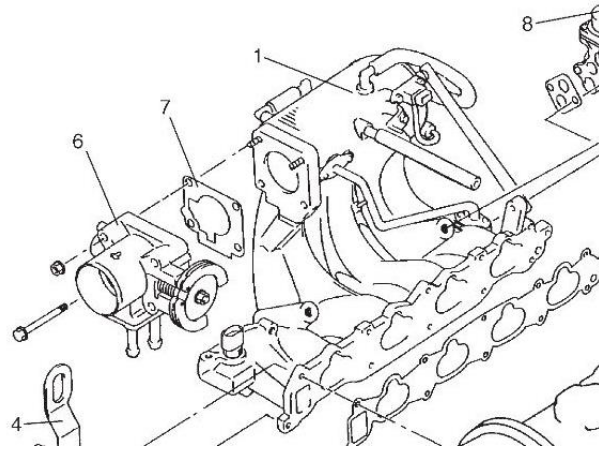
#### 3.1. Modelado del sistema de admisión

El modelado se realizó por medio de software CAE del sistema de admisión del motor G13B en conjunto con ciertos componentes implementados del sistema de inyección etanol y metanol está estructurado por bases de los inyectores, cuerpo de aceleración y múltiple de admisión; de acuerdo a las dimensiones de cada elemento, sin incidir en la distribución del espacio propio del sistema de admisión del motor en el compartimiento motor.



**Figura 19.** Sistema de admisión del motor

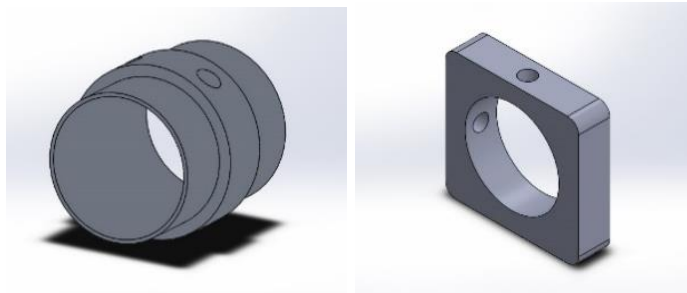
En concordancia de los planos del motor se realiza el modelado de cada componente considerando dimensiones y ubicación del sistema de admisión acorde a la adaptación de las bases para los inyectores de etanol y metanol.



**Figura 20.** Despiece del sistema de admisión G13B

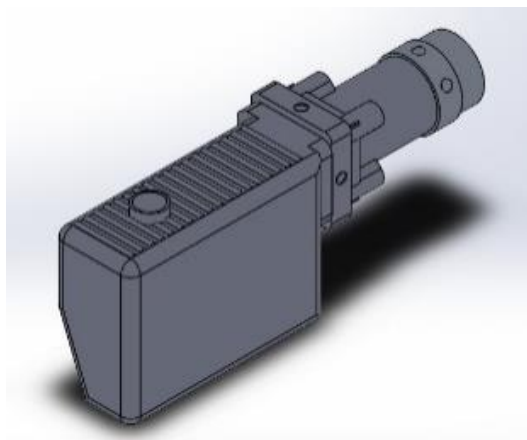
Fuente: (CORPORATION, 2005)

Las bases de los inyectores se consideró de acuerdo a la forma entre la unión de la ducto del filtro del aire, cuerpo de aceleración y diámetro del inyector etanol/metanol; del sistema de admisión del motor a partir de su característica estructural del vehículo Chevrolet Jimny G13B.



**Figura 21.** Modelado de las bases de los inyectores

Para la simulación del sistema de admisión e inyección etanol/metanol se realizó el ensamble del conjunto desde la base anterior al cuerpo de aceleración hasta llegar al múltiple de admisión.



**Figura 22.** Ensamble del sistema de admisión y bases de inyectores

### 3.2. Simulación

La mezcla aire – etanol/metanol en el sistema admisión se analizó el comportamiento parámetros físicos en cada uno de los puntos de incidencia de los aditivos.

**Tabla 13**  
*Datos del vehículo en tiempo real*

Artículo	Valor	Unidad
Control de relación Feed back Aire Combustible	Close	
Carga del motor	16.1	%
Temperatura del refrigerante	82	°C
Aire Fuel Ratio corrección de la proporción	3.12	%
Aire Fuel Ratio corrección Aprendizaje Relación	-9.38	%
Motor Velocidad de rotación	2984	Rpm
Velocidad del vehículo	0	Km/h
Encendido	39.5	BTDC
Temperatura del aire	28	°C
Toma de aire Cantidad	7.68	g/sec

Posición del acelerador	11.8	%
Sensor de O2	0.160	V
Objetivo régimen de rotación mínimo	753	Rpm
Sensor del acelerador	0.98	V
Tiempo de inyección del combustible	2.352	Msec
Válvula ISC Apertura	56.9	%
Relacion aire combustible Monitor de corrección de proporción	-6.25	%
Voltaje de la batería	14.0	V
Relacion de camara de EVAP Purga deber	0.0	%
Válvula EGR apertura	0.0	%

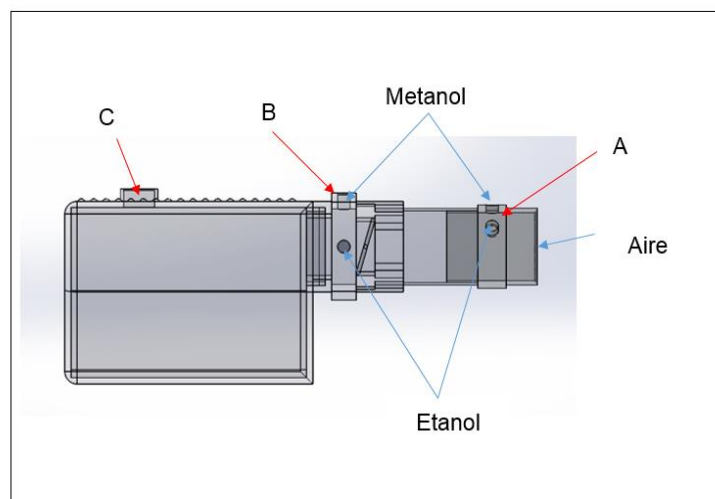
La simulación define parámetros de flujo másico, flujo volumétrico, presión en el múltiple de admisión y temperaturas de los fluidos para efecto de análisis en relación con los grados de apertura de la mariposa de aceleración (9.3° - 3000 r.p.m., 12.3° - 4000 r.p.m., 16.2° - 5000 r.p.m.), acorde a valores medidos en la tabla 14 con el equipo de diagnóstico G-scan2.

**Tabla 14**  
*Parámetros de ingreso de los fluidos*

Fluido	r.p.m.	Flujo másico	Presión	Temperatura
Aire	3000	7,68 gr/s	177 mmHg	54.2 °C
	4000	10,88 gr/s	181 mmHg	52.7 °C
	5000	15,98 gr/s	187 mmHg	50,4 °C
Fluido	Flujo volumétrico		Presión	Temperatura
Metanol	1.4 x 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s		40 PSI	20 °C
Etanol	1.4 x 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s		40 PSI	20 °C

La simulación considera la circulación interna de fluidos en base a los puntos de inyección de etanol y metanol, que define el comportamiento de los parámetros de flujo aire, etanol y metanol en el sistema de admisión considerando 1 s de inyección.

La disposición para el ingreso de aire y la inyección de los fluidos (Etanol, Metanol), establece a través de los puntos de análisis de temperatura (A, B, C) figura 23.

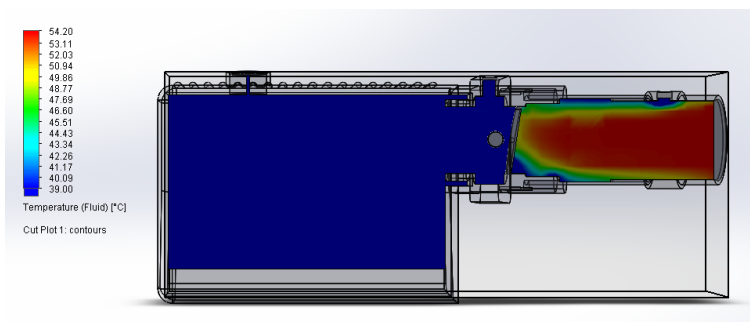


**Figura 23.** Puntos de análisis de temperatura

### 3.2.1. Evaluación de la simulación

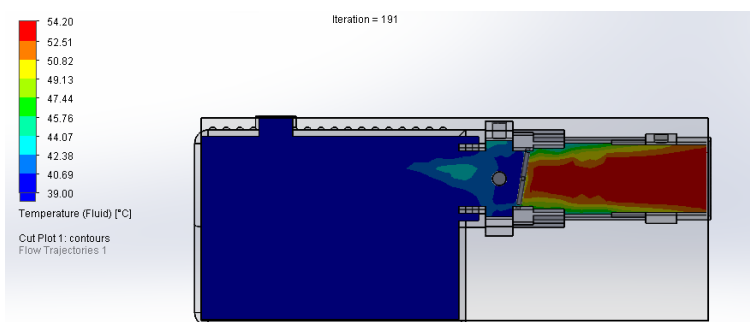
Mediante la simulación se obtuvo las variaciones de temperaturas que se genera en el sistema para los diferentes grados de apertura de la mariposa del cuerpo de aceleración. En la figura 24 se observa la mariposa del cuerpo de aceleración a  $9,3^\circ$  de apertura a 3000 r.p.m. que determina el comportamiento térmico de los fluidos al pasar por los diferentes puntos de medición.





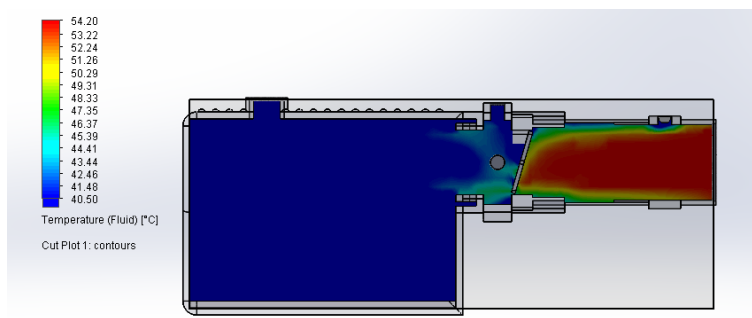
**Figura 24.** Comportamiento térmico a 3000 r.p.m.

En la figura 25 la mariposa del estrangulador se establece un ángulo de  $12,3^\circ$  de apertura a 4000 r.p.m., la cual se observa que la entrada de temperatura hacia el múltiple de admisión se incrementa ya que la apertura de la mariposa es mayor.



**Figura 25.** Comportamiento térmico a 4000 r.p.m.

La simulación generada para 5000 r.p.m. representa una apertura de la mariposa de aceleración de  $16,2^\circ$  la cual permite que la temperatura ingrese con mayor facilidad hacia el múltiple de admisión ilustrado en la figura 26.



**Figura 26.** Comportamiento térmico a 5000 r.p.m.

Del informe de la simulación Anexo D, se tabula los datos de temperatura de los dos inyectores y temperatura múltiple de admisión en cada uno de los puntos de análisis de acuerdo a los requisitos de operación que se detalla en la tabla 15.

**Tabla 15**

*Datos de temperatura del sistema de admisión*

r.p.m.	TEMPERATURA BASE 1 (°C)	TEMPERATURA BASE 2 (°C)	TEMPERATURA MULTIPLE DE ADMISION (°C)
3000	52,80	49,95	40,86
4000	52,40	49,56	35,97
5000	52,88	50,02	38,83

### 3.3. Construcción y Mecanizado

La construcción y mecanizado de las bases de inyectores se obtiene mediante los procesos de refrentado y cilindrado exterior e interior desarrollado en el torno, el material de manufactura es el aluminio debido a que las bases de los inyectores no están sometidas a cargas y temperaturas elevadas.



**Figura 27.** Refrentado de las bases de inyectores

### 3.3.1. Cálculo de la velocidad de corte

**Datos:**

$$V_c = 61 \text{ m/min}$$

$$D = 70 \text{ mm}$$

$$r/\text{min} = \frac{61 \times 1000}{\pi \times 70}$$

$$r/\text{min} = 277.38$$

El avance del aluminio está definido en la tabla 6. Es decir  $f = 0.4 \text{ mm/rev}$ .

### 3.3.2. Cálculo del tiempo de maquinado:

$$t_{maq} = \frac{l}{f * N}$$

$$t_{maq} = \frac{73}{0.4 * 277.38}$$

$$t_{maq} = 0.66 \text{ min}$$

### 3.3.3. Cantidad de material removido

$$d = D_o - D_f$$

$$d_1 = 70 - 61 = 9$$

$$d_2 = 70 - 66.18 = 3.82$$

$$\dot{V} = V_c * f * d$$

$$\dot{V} = \frac{61\text{m}}{\text{min}} * 0.4 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * 9$$

$$\dot{V} = 3660 \text{ mm}^3/\text{seg}$$

$$V_2 = V_c * f * d_2$$

$$V_2 = \frac{61\text{m}}{\text{min}} * 0.4 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * 3.82$$

$$V_2 = 1553.56 \text{ mm}^3/\text{seg}$$

### 3.4. Implementación

La implementación del sistema de inyección metano /etanol está definido a partir de la adaptación de las bases para los inyectores en el cuerpo de aceleración y colector de admisión (antes y después de la mariposa de aceleración) según la trayectoria del fluido que ingresa hacia el motor, verificando la estanqueidad de los componentes adheridos al sistema para evitar el ingreso adicional de aire.



**Figura 28.** Cuerpo de aceleración implementado la base de inyectores

### 3.5. Sistema Hidráulico

El sistema hidráulico consta de depósito, bomba de presión a flujo abierto, cañerías e inyectores. El sistema de inyección de etanol/metanol permite el paso de dichos fluidos desde el depósito hasta los inyectores para su posterior ingreso a la admisión del motor G13B.

#### 3.5.1. Características de la cañería

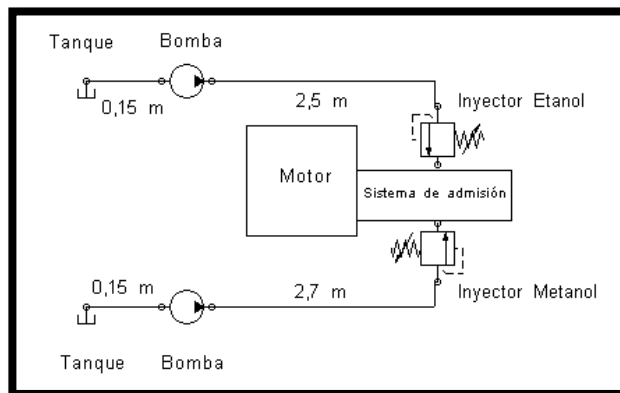
Las características técnicas de los conductos del sistema de inyección implementado se fundamentan en base a la presión constante de la bomba de 200 PSI, acorde al kit de inyección tabla 16.

**Tabla 16**

*Selección de la cañería*

<b>Código</b>	<b>Diámetro interno (mm)</b>	<b>Presión de trabajo (PSI)</b>	<b>Material</b>
3225	6	200	Cloropreno

Las cañerías del sistema de alimentación etanol/metanol cumplen la normativa SAE J30R7, que especifica los valores de presión y medidas acordes para el sistema.



**Figura 29.** Diagrama hidráulico del sistema de inyección etanol/metanol

La potencia de la bomba se determinó de acuerdo a las pérdidas existentes a lo largo de la cañería.

**Tabla 17**

*Cálculo de pérdidas en el sistema hidráulico*

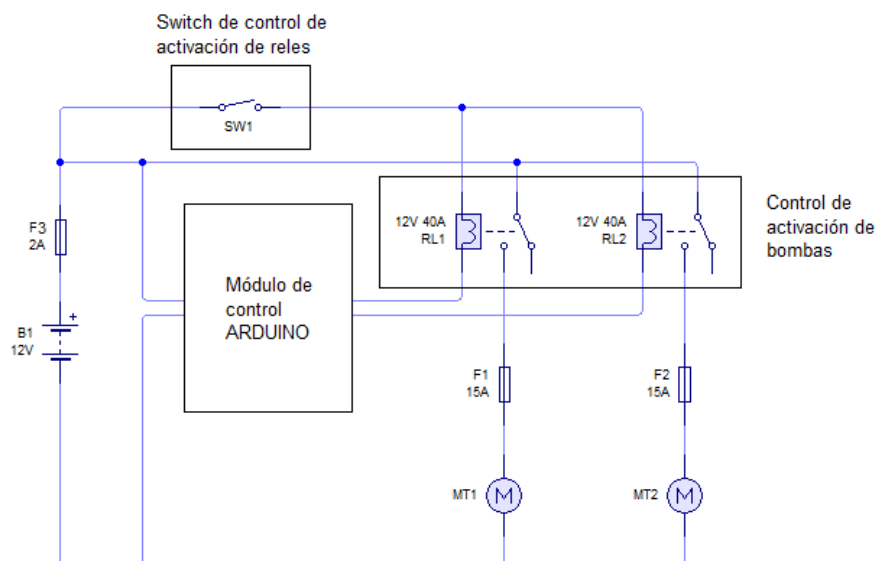
Datos de entrada	Ecuación	Resultado
Radio interno de la cañería (r)= $3 \times 10^{-3}$	Área interna de la cañería (A) $A = \pi * r^2$	$A = 2.8274 \times 10^{-5}$
Caudal (Q) = $0.2271 \text{ m}^3/\text{h}$	Velocidad del Fluido (V) $V = \frac{Q}{A}$	$V = 8032.984 \text{ m/h}$ $V = 2.231 \text{ m/s}$
Viscosidad Dinámica ( $\mu$ ) $5.60 \times 10^{-4} \text{ Pa*s}$	Número de Reynolds $N_R = \frac{V * D * \rho}{\mu}$	$N_R = 18859.917$
Diámetro de succión y descarga (D)		
Rugosidad del material ( $\epsilon$ ) $1 \times 10^{-5} \text{ m}$	Factor de Fricción (f) $f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 \frac{D}{\epsilon}} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$	$f = 0.0297$

<b>Coefficiente de resistencia (K): 0.47</b>	Pérdidas menores ( $h_L$ ) $h_L = K \frac{V^2}{2g}$	$h_L = 0.119$ m
<b>Distancia desde el depósito hasta la bomba (L1): 0.15 m</b>	Pérdidas en la cañería (tramo 1) $h_{L1} = \frac{f * L_1 * V^2}{D * 2g}$	$h_{L1} = 0.188$ m
<b>Distancia desde la bomba hasta el inyector (L2): 2.70 m</b>	Pérdidas en la cañería (tramo 2) $h_{L2} = \frac{f * L_2 * V^2}{D * 2g}$	$h_{L2} = 3.39$ m
<b>Pérdidas totales (<math>h_{LT}</math>)</b>	$h_{LT} = h_L + h_{L1} + h_{L2}$	$h_{LT} = 3.697$ m
<b>Densidad (<math>\rho</math>)  789 kg/m<sup>3</sup></b>	Peso Específico ( $\gamma$ )  $\gamma = \rho * g$	$\gamma = 7.740$ KN/m <sup>3</sup>
<b><math>Z_1 = 0.030</math> m  <math>Z_2 = 0.065</math> m  <math>P_1</math> y <math>V_1 = 0</math></b>	Ecuación de Bernoulli $\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_a - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g}$ Entonces : Energía añadida por la bomba	$h_a = 178.56$ m
<b>Caudal (Q) = 6.30 x 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s</b>	Potencia de la bomba:  $Pot = h_a * \gamma * Q$	$Pot = 0.0870$ hp $Pot = 87.070$ Watt

En el sistema hidráulico se obtuvo una velocidad equivalente a 2.231 m/s, por las características del sistema se obtiene un flujo turbulento dando como resultado un número de Reynolds igual a  $N_R = 18859.917$ , con pérdidas totales de 3.69 m, con una potencia de la bomba de 87.070 Watt.

### 3.6. Diseño del circuito eléctrico

El diseño del circuito eléctrico toma en cuenta la tensión nominal de batería, selección y determinación del sistema de control de activación de las bombas “relé”, sistema de protección “fusibles” y conductor eléctrico.



**Figura 30.** Circuito eléctrico de activación de las bombas

#### 3.6.1. Selección del relé automotriz

La intensidad de corriente de la bomba es de 10 A, especificada en el componente, para determinar las características y selección del sistema de activación de acuerdo al catálogo de Bosch del relé de código 0332209150 que se menciona en la tabla 18.

**Tabla 18**

*Información técnica del relé*

Información técnica	
Voltaje nominal	12 v
Corriente	20 A/ 30 <sup>a</sup>
Temperatura de servicio	-40...+ 100° C

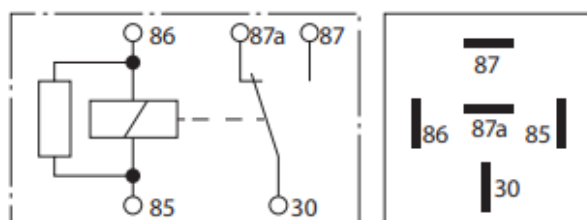
**CONTINÚA** ➡



Número de terminales	5
Soporte	Con
Material de contacto	-
Resistencia de contacto $\Omega$	$85 \pm 5$

Fuente: (BOSCH, 2015)

En la figura 31 se observa el circuito y disposición eléctrica del relé automotriz de acuerdo a los bornes de conexión.



**Figura 31.** Disposición de pines del relé

### 3.6.2. Determinación del sistema de protección

Para una correcta selección de sistema de protección del módulo de control electrónico es necesario tener en cuenta los valores de amperaje de cada uno de los elementos empleados en el sistema de inyección etanol/metanol como se muestran en la tabla 19

**Tabla 19**

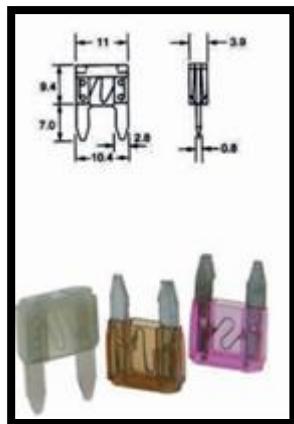
*Cálculo de intensidad de los sistema de control electrónico*

Componente	Datos	Fórmula	Resultado
Relés	Voltaje= 12V Resistencia= 85 $\Omega$	$I = \frac{V}{R}$	0.1412 A
Transistor de la bomba	Voltaje= 5V Resistencia= 35.2 K $\Omega$		$1.4 \times 10^{-4}$ A

**CONTINÚA** 

Consumo de corriente de la pantalla	Catálogo	0.04 A
Pulsadores	Resistencia= 10 K $\Omega$	$5 \times 10^{-4}$ A
Led indicador del modo de operación	Voltaje= 3.4V Resistencia= 220 $\Omega$	0.0155 A
Intensidad de las señales del vehículo		0.05 A
Intensidad del display LCD		1.12 A
Intensidad del Arduino		0.04 A
Intensidad de todos los componentes		1.5485 A

El sistema de protección se determinó en función de la intensidad de corriente de los componentes que conforman el sistema de inyección metano/etanol:



**Figura 32.** Fusibles automotrices

Fuente: (Difus, 2018)

Las bombas de inyección para etanol/metanol registran en su placa de identificación una intensidad nominal de 10 A, por lo que es necesario utilizar un fusible de 15 A para cada una, de la serie 11.

El sistema de control electrónico de inyección metano/etanol consume 1.5 A tabla 19; el fusible seleccionado es de 2 amperios de tipo uña.

**Tabla 20**  
*Características de fusible automotrices*

CARACTERISTICAS DE FUSIBLES AUTOMOTRICES		
CLAVE	AMP	Voltaje
11-2	2	32v
11-3	3	32v
11-4	4	32v
11-5	5	32v
11-7,5	7,5	32v
11-10	10	32v
11-15	15	32v
11-20	20	32v
11-25	25	32v
11-30	30	32v

Fuente: (Difus, 2018)

### 3.6.3. Selección del cable conductor

La selección del conductor eléctrico considera las intensidades de corriente que va a circular por el mismo.

A partir del nivel de temperatura y tipo de aislante se determina el conductor a ser aplicado por componente del sistema de inyección etanol/metanol tabla 21, en función de American Wire Gauge AWG.

**Tabla 21**  
*Características del cable conductor*

<b>Características de cable conductor</b>	
Nivel de temperatura	60 °C
Tipo de aislante	SPT (Servicio de
<b>Medida / Calibre del cable</b>	<b>Amperaje soportado</b>
20 AWG	2 A
18 AWG	10 A
16 AWG	13 A
14 AWG	18 A
12 AWG	25 A

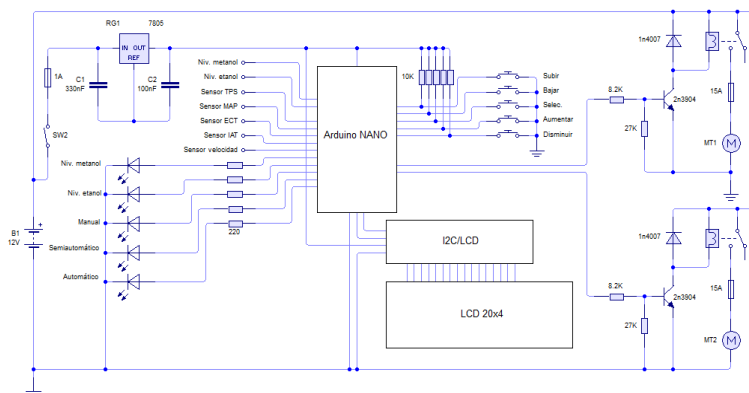
Fuente: (LTKCable, 2016)

### **3.7. Diseño electrónico**

El control de la inyección de etanol/metanol consta de un módulo electrónico que establece las condiciones y parámetros de funcionamiento del motor G13B, de tal forma de definir tiempos de inyección etanol/metanol y la activación del sistema.

El procesamiento de señales de los sensores de régimen de giro (CMP), temperatura del refrigerante (ECT), presión del colector de admisión (MAP), temperatura del aire de admisión (IAT) y posición del acelerador (TPS) se realizó mediante software libre Arduino programado en C++; para que el módulo funcione en tres modos de funcionamiento fijados como automático, manual y semiautomático, con un sistema de visualización para usuario.

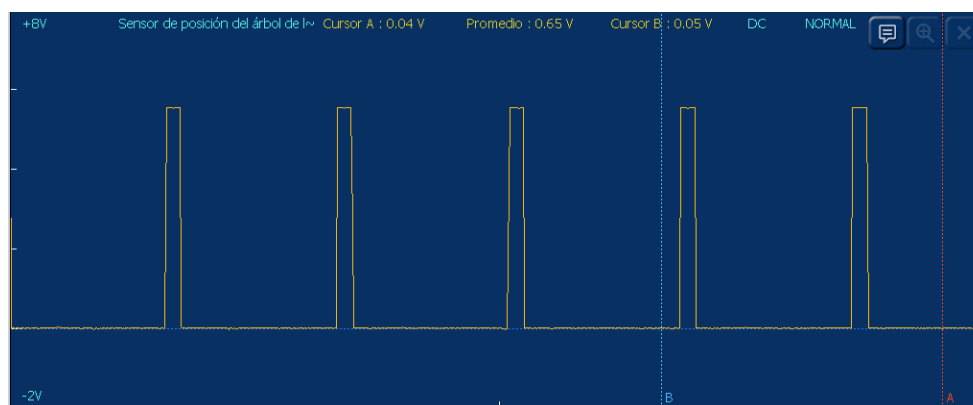
El diseño del circuito electrónico recibe las señales emitidas por los sensores, tensión nominal de batería, envía la información a un LCD de visualización la cual es controlada por pulsadores para la selección y activación de los diferentes modos y a su vez representar mediante indicadores LED.



**Figura 33.** Recopilación de datos de los sensores

### 3.7.1. Señal de posición del árbol de levas

La señal de onda que emite el sensor CMP es de tipo cuadrada de efecto hall, es registrada por el módulo de control y su rango de valores está comprendido entre 0 a 5 voltios.



**Figura 34.** Señal del sensor CMP

La señal varía según el giro del árbol de levas, es decir, a mayor velocidad se reduce el tiempo de periodo de oscilación de la señal. Es así que se obtiene a un régimen bajo de 770 r.p.m. un periodo de oscilación de 37 ms, y de un régimen alto 3000 r.p.m. un periodo de oscilación de 8 ms que se muestran en la tabla 22.

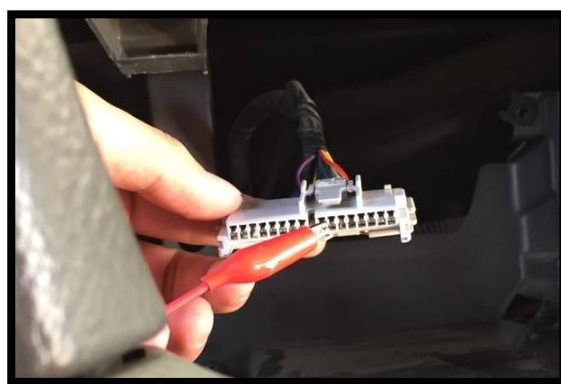
**Tabla 22***Relación de velocidad del motor*

Periodo de oscilación de onda	Frecuencia de onda	r.p.m.
37 ms	0,027	770
27 ms	0,037	1000
17 ms	0,058	1500
12 ms	0,083	2000
9 ms	0,111	2500
8 ms	0,125	3000

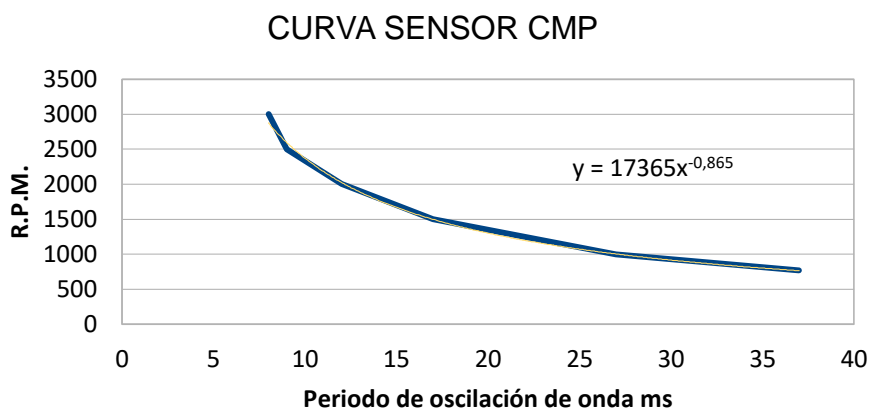
Para que el módulo de inyección funcione en cualquier modo se debe cumplir ciertos requisitos:

Un régimen de giro mínimo de 3000 r.p.m.

La señal que se obtiene de la velocidad de giro del motor se emite por el pin número 8 del tacómetro según el diagrama eléctrico del anexo A.

**Figura 35.** Pin de señal CMP

La señal generada para que el microcontrolador pueda calcular el régimen de giro del motor, se obtiene la ecuación  $y=17365x^{-0,865}$  de la línea de tendencia de la figura 36.



**Figura 36.** Curva de velocidad del motor 3000 r.p.m.

### 3.7.2. Señal del sensor de temperatura

La señal que emite el sensor ECT de tipo termistor (NTC), está entre el rango de voltaje de 0 a 5 voltios, misma que es trasladada al módulo de control de inyección.



**Figura 37.** Señal del sensor ECT

La señal de tensión que corresponde a la temperatura del motor está dada por 0.688 voltios que pertenece a la temperatura de funcionamiento del motor de 84 °C, este valor es necesario para el modo de funcionamiento automático y semiautomático.

**Tabla 23**

*Temperatura, voltaje y resistencia del sensor ECT*

<b>Temperatura °C</b>	<b>V. Señal</b>	<b>Resistencia kΩ</b>
84	0.688	0,310
65	1.02	0,590
62	1.16	0,585
55	1.41	0,930
48	1.56	0,860
46	1.674	0,852

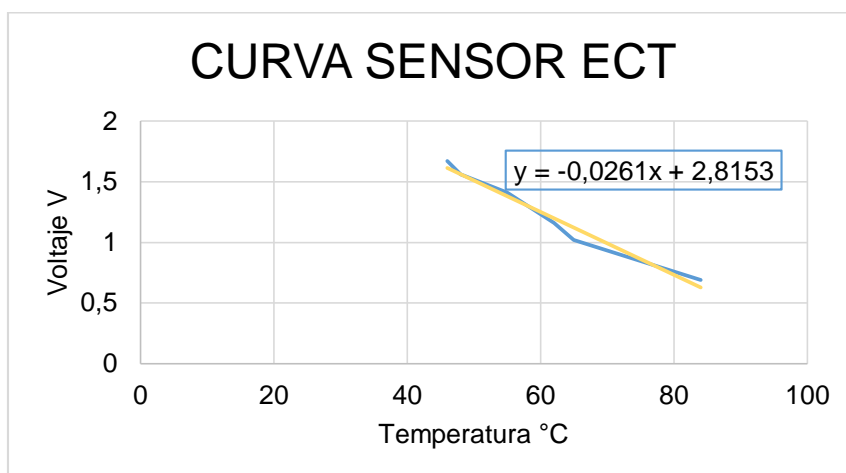
La señal que se obtiene del sensor de temperatura del motor se tomó del pin N°2 que tendrá como finalidad llegar al módulo de inyección.



**Figura 38.** Sensor ECT

En la figura 39, se observa la relación que existe entre la temperatura del motor y el voltaje del sensor ECT del motor G13B



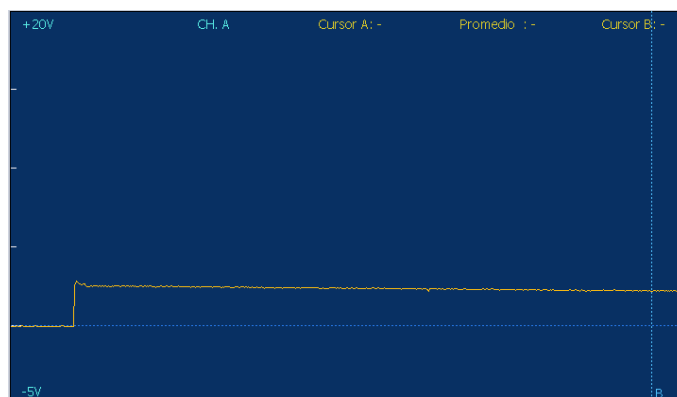


**Figura 39.** Relación temperatura motor vs voltaje

Dicha señal presentada por el sensor de temperatura del motor vs voltaje del sensor se puede visualizar en la figura 39, a la vez la ecuación que da como resultado de esta relación es  $y = -0.0261x + 2.8153$ , la cual es usada por el microcontrolador para calcular la temperatura que se podrá visualizar en la pantalla.

### 3.7.3. Señal del sensor de temperatura de entrada del aire de admisión

La señal que expresa el sensor de temperatura del aire de tipo termistor (NTC), está entre el rango de voltaje de 0 a 5 voltios, misma que es trasladada al módulo de control de inyección.



**Figura 40.** Señal del sensor IAT

Los valores tomados del sensor son 2.14 V en 29 °C y 1.80V que corresponde a 36 °C,

**Tabla 24**

*Resistencia, voltaje y temperatura del sensor de temperatura IAT*

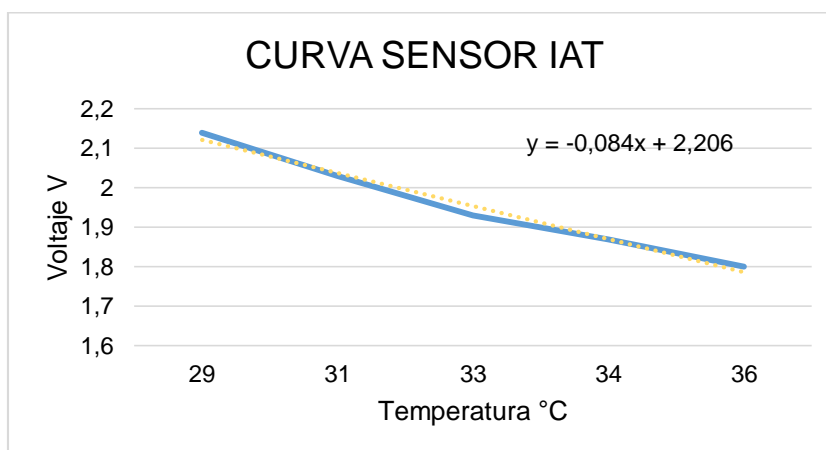
<b>Resistencia K<math>\Omega</math></b>	<b>Valores de voltaje</b>	<b>Temperatura</b>
3,033	2.14	29 °C
3,113	2.03	31 °C
3,2	1.93	33 °C
3,241	1.87	34 °C
3,323	1.80	36 °C

La señal que se obtiene del sensor de temperatura del aire de admisión se obtuvo del pin N°2 con la ayuda de una aguja que se le introduce al socket del sensor.



**Figura 41.** Sensor IAT

En la figura 42 se observa la relación temperatura del aire de admisión vs voltaje del sensor IAT del motor G13B.

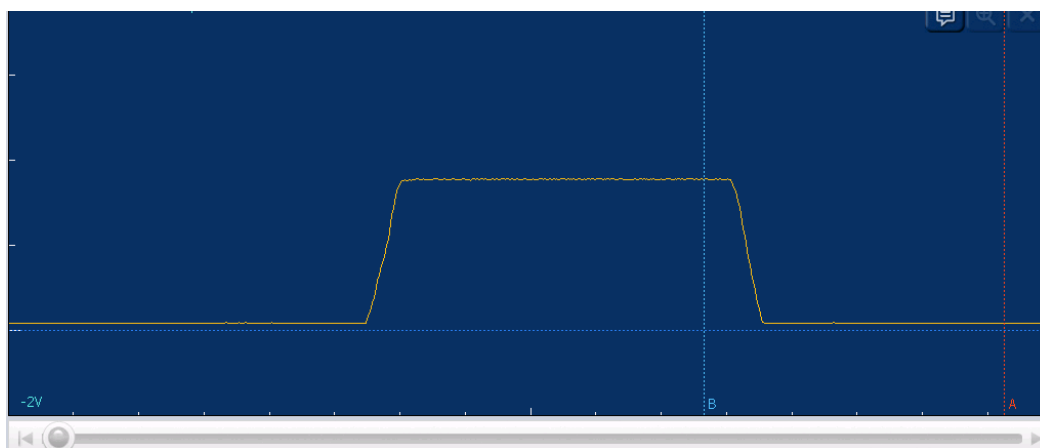


**Figura 42.** Temperatura del aire de admisión vs voltaje del sensor IAT.

La ecuación que determina la relación temperatura del aire de admisión vs voltaje del sensor, corresponde al de la figura 42, es  $y = -0.084x + 2,206$ , misma que utiliza la placa Arduino para calcular los datos de temperatura.

#### 3.7.4. Señal del sensor de posición del acelerador

La señal entregada por el sensor al módulo de control electrónico, es de tipo potenciómetro, y está entre el rango de voltaje de 0 a 5 voltios.



**Figura 43.** Señal del sensor TPS

La señal que el sensor TPS entrega al módulo de control electrónico, es una señal de voltaje y cambia en función del pedal acelerador, es decir, sin aceleración o en ralentí,

la salida del sensor TPS es muy baja, alrededor de 0.4~0.8 Voltios. Conforme se aumenta la aceleración el voltaje de la señal del sensor también lo hace, hasta alcanzar el valor máximo de 5 voltios.

**Tabla 25**

*Voltajes y posición del acelerador*

<b>Voltaje (v)</b>	<b>Porcentaje ( ° de apertura de la mariposa )</b>
0.48	0
1	20
4	80
4.15	85

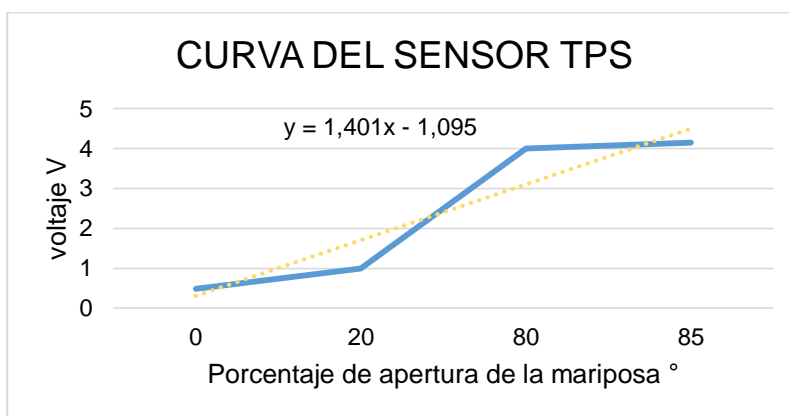
Para que el modulo pueda funcionar en modo manual, semiautomático y automático se debe tener un voltaje de 1V que equivale al 20% de apertura.

La señal que se obtiene del sensor de posición del acelerador se obtuvo del pin N°1 con la ayuda de una aguja que se le introduce al socket del sensor para después enviar al módulo de inyección.



**Figura 44.** Sensor TPS

En la tabla 25 se observa los valores de la relación que existe entre la posición del acelerador y el voltaje del sensor TPS del motor G13B.

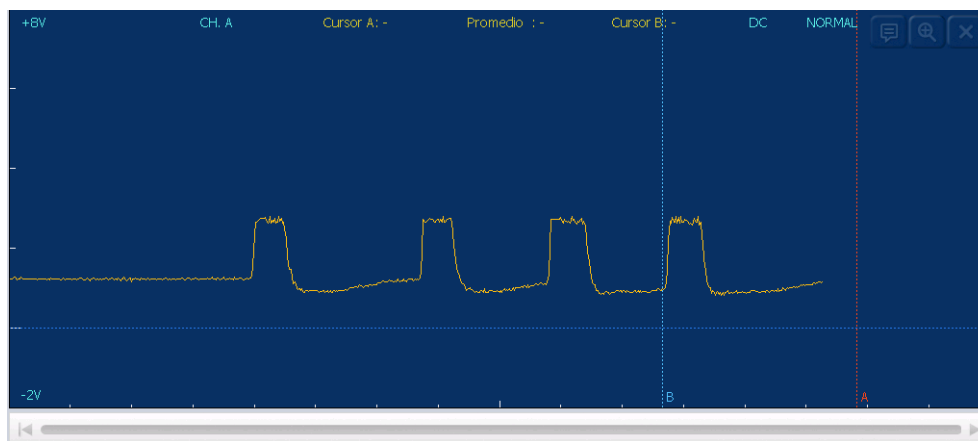


**Figura 45.** Aceleración vs voltaje del sensor de posición del acelerador

La ecuación que se obtiene de la relación entre la apertura de la mariposa del cuerpo de aceleración vs voltaje del sensor de posición del acelerador, corresponde al de la figura 45, es  $y = 1,401x - 1,095$  la cual será procesada por el Arduino.

### 3.7.5. Señal del sensor de presión del aire de admisión

La señal que emite el sensor MAP de tipo piezoeléctrico, está entre el rango de voltaje de 0 a 5 voltios, misma que es trasladada al módulo de control de inyección.



**Figura 46.** Señal el sensor MAP

La señal que se obtiene del sensor de posición del acelerador se obtuvo del pin N°2 con la ayuda de una aguja que se le introduce al socket del sensor. Para después enviar al módulo de inyección.



**Figura 47.** Sensor de presión del aire de admisión

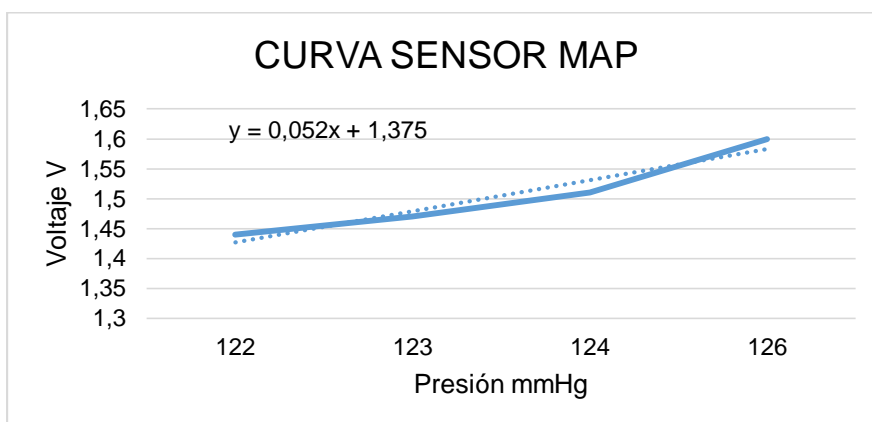
Los valores obtenidos de voltajes y valores de presión de admisión se detallan a continuación:

**Tabla 26**

*Voltajes y valores de presión de admisión*

Valores de voltaje	Presión mmHg
1.44	222
1.47	223
1.51	224
1.60	226

En la tabla 26 se puede observar la relación que existe entre el voltaje del sensor de presión del aire de admisión vs la presión de ingreso del aire de admisión:



**Figura 48.** Curva presión-voltaje del aire en el múltiple de admisión

En la figura 48 se puede observar la ecuación resultante de los valores de los parámetros medidos como son la presión de aire al ingreso del múltiple de admisión y los voltajes obtenidos del sensor MAP, es así que queda definida como:  $y = 0.052x + 1,375$  misma que el microcontrolador utiliza para calcular los valores para el módulo de control electrónico.

### 3.8. Selección del Arduino

El Arduino seleccionado cuenta con parámetros como el número de entradas, velocidad de recopilación de datos y capacidad de memoria.

Se escogió el Arduino Nano debido a que es el más apropiado para los requerimientos de operación del sistema.

**Tabla 27**  
*Características del Arduino*

Características	Detalle
Microcontrolador	Atmel ATmega328
Tensión de Operación (nivel lógico)	5 V
Tensión de Entrada (recomendado)	7-12 V
Tensión de Entrada (límites)	6-20 V
Pines E/S Digitales	14 (de los cuales 6 proveen de salida)

Entradas Analógicas	8 Corriente máx por cada PIN de E/S: 40 mA
Memoria Flash	32 KB
Dimensiones	18,5mm x 43,2mm

Fuente: **(ElectroniLab, 2018)**

### 3.9. Programación

Para la programación del funcionamiento del módulo se utilizó el lenguaje de programación C++ el cual es compilado y cargado en el Arduino.

El Arduino va a ser el encargado de recopilar los datos de operación de los sensores en tiempo real, los procesa y dependiendo el modo de funcionamiento seleccionado (manual, semiautomático, automático), una vez procesado los datos de lectura activara las bombas de inyección de etanol/ metanol en los tiempos de inyección correspondientes, y todo esto se podrá visualizar, mediante una pantalla LCD. Anexo C.

#### 3.9.1. Modo Manual

Para el modo manual las condiciones para la activación de las bombas deben cumplir con el régimen de giro establecido a 3000 r.p.m. y la temperatura del refrigerante del motor debe sobrepasar 75°C, los tiempos de inyección del etanol y metanol se ingresan manualmente por el operario del módulo de control que se detalla en el anexo C.





**Figura 49.** Módulo de control en modo manual

### 3.9.2. Modo Semiautomático

El modo semiautomático permite la selección de los sensores que no inciden en las condiciones de activación del sistema de inyección etanol/metanol como son: sensor TPS, sensor IAT, sensor MAP, se debe cumplir con las condiciones de régimen de giro del motor a 3000 r.p.m. y calentar al motor a 75°C, con la desactivación de dichos sensores se varían los tiempos de inyección como indica en el anexo C.



**Figura 50.** Módulo de control en modo semiautomático

### 3.9.3. Modo Automático

El módulo de control se encuentra recibiendo datos de todos los sensores, al cumplir con las condiciones principales de régimen de giro y temperatura de funcionamiento del motor, el sistema inyecta diferentes tiempos de inyección de cada fluido dependiendo de las señales recibidas por cada sensor restante.



**Figura 51.** Módulo de control en modo automático

## CAPÍTULO IV

### 4. INCIDENCIA DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE ETANOL/METANOL

#### 4.1. Procedimiento de pruebas

Las pruebas realizadas con equipos para la medición de temperaturas de superficies con análisis por software SmartView (Anexo B) y pruebas estáticas para la determinación de concentración de gases de escape con el analizador de gases AGS-688 y los valores máximos permitidos para emisiones según la NTE INEN 2 204:2002 y de acuerdo a las prueba de test oficial y prueba continua.

##### 4.1.1. Requisitos previos para las pruebas.

Antes de proceder con el protocolo de pruebas de las variables de investigación se tomó en cuenta el funcionamiento y calibración de equipos de medición y se realizó la puesta a punto del vehículo de prueba mediante el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas automotrices, así como otros aspectos inherentes al entorno.

##### a. Funcionamiento y calibración de equipos de medición

Para el funcionamiento de la cámara termográfica Fluke TIS-60 se debe tomar en cuenta la distancia de enfoque, el tipo de material al que va a tomarse la medida como se muestra en el Anexo E, la calibración de la cámara viene dado en su modo automático para facilitar el uso del equipo.

El analizador de gases AGS-688 requiere de una auto-prueba (estanqueidad) para empezar con el análisis de gases del vehículo, una vez superada la prueba de estanqueidad el equipo de medición se encuentra listo para realizar las pruebas de medición, la calibración del equipo se realiza mediante normas de su fabricante como indica el Anexo F.

## **b. Mantenimiento preventivo del vehículo**

La puesta a punto del vehículo se realizó cumpliendo el plan de mantenimiento programado cada 5000 km de recorrido del vehículo, Anexo A, y de acuerdo al flujograma de revisión técnica del motor, sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos del vehículo que se ilustra en el anexo G.

## **c. Seguridad de los operarios.**

Los operarios tienen la obligación de utilizar el equipo de protección personal “EPP” el cual consta de casco, guantes, lentes de seguridad y botas de seguridad previo a la realización de las pruebas correspondientes.

## **d. Área de trabajo**

El área de trabajo debe ofrecer la estructura, equipos y abasto de herramientas necesarias en su edificación para el procedimiento de cada tipo de pruebas con el fin de prevenir accidentes y riesgos laborales.

## **4.2. Protocolo de pruebas**

En el siguiente apartado se muestran las condiciones a las que el vehículo es sometido para las diferentes pruebas.

### **4.2.1. Ambientales**

Es importante realizar cada prueba al vehículo en las mismas condiciones ambientales para así generar datos más confiables, basados en las condiciones meteorológicas que proporciona el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

Para las pruebas de control de emisiones se determinó horarios matutinos con las mismas condiciones climáticas: parcialmente soleado.

Para las pruebas de termografía debido a los rayos solares que detecta la cámara termográfica al entorno del objeto a analizar se consideró realizar las pruebas por la noche.

#### 4.2.2. Combustible

##### a. Inyección de metanol

La inyección de metanol en el sistema de admisión del motor G13B se realizó a cinco diferentes tiempos de inyección y a tres condiciones de régimen del motor.

**Tabla 28**

*Protocolo de pruebas de inyección metanol antes y después del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	ANTES DEL CUERPO DE ACELERACIÓN					DESPUÉS DEL CUERPO DE ACELERACIÓN				
	TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)					TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)				
	3000	12	20	28	36	44	12	20	28	36
4000	12	20	28	36	44	12	20	28	36	44
5000	12	20	28	36	44	12	20	28	36	44

##### b. Inyección de etanol

La inyección de etanol en el sistema de admisión del motor G13B se realizó a cinco diferentes tiempos de inyección y a tres condiciones de régimen del motor.

**Tabla 29**

*Protocolo de pruebas de inyección etanol antes y después del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	ANTES DEL CUERPO DE ACCELERACIÓN					DESPUÉS DEL CUERPO DE ACCELERACIÓN				
	TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)					TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)				
	3000	12	20	28	36	44	12	20	28	36
4000	12	20	28	36	44	12	20	28	36	44
5000	12	20	28	36	44	12	20	28	36	44

### c. Inyección combinada de etanol y metanol

La inyección combinada de los fluidos en el sistema de admisión del motor G13B, se realizó a cinco diferentes tiempos de inyección y a tres condiciones de régimen del motor.

**Tabla 30**

*Protocolo de pruebas de inyección combinada etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	ANTES DEL CUERPO DE ACCELERACIÓN					DESPUÉS DEL CUERPO DE ACCELERACIÓN				
	TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)					TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)				
	ETANOL/METANOL					ETANOL/METANOL				
3000 4000 5000	12/12	12/20	12/28	12/36	12/44	12/12	12/20	12/28	12/36	12/44
	20/12	20/20	20/28	20/36	20/44	20/12	20/20	20/28	20/36	20/44
	28/12	28/20	28/28	28/36	28/44	28/12	28/20	28/28	28/36	28/44
	36/12	36/20	36/28	36/36	36/44	36/12	36/20	36/28	36/36	36/44
	44/12	44/20	44/28	44/36	44/44	44/12	44/20	44/28	44/36	44/44

#### d. Termografía

Obteniendo los valores máximos, mínimos y promedios de los diferentes gases se realizó una nueva matriz con las combinaciones de los tiempos de inyección de los diferentes fluidos y a diferente régimen de giro del motor como se muestra en la tabla 31 y tabla 32 para luego analizar el comportamiento térmico de los distintos componentes del motor.

**Tabla 31**

*Protocolo de pruebas para termografía antes del cuerpo de aceleración*

ANTES DEL CUERPO DE ACELERACIÓN					
r.p.m.	ETANOL/METANOL	r.p.m.	ETANOL/METANOL	r.p.m.	ETANOL/METANOL
	TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)		TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)		TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)
3000	12/28	4000	12/20	5000	12/12
	12/44		12/28		12/20
	20/36		12/36		12/28
	28/28		12/44		28/12
	36/12		20/36		28/28
	36/20		36/20		28/44
	36/28		36/28		36/12
	44/20		36/44		36/20
	44/36		44/20		36/36
			44/44		36/44
		44/20			

**Tabla 32**

*Protocolo de pruebas de termografía después del cuerpo de aceleración*

DESPUÉS DEL CUERPO DE ACELERACIÓN					
r.p.m.	ETANOL/METANOL	r.p.m.	ETANOL/METANOL	r.p.m.	ETANOL/METANOL
	TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)		TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)		TIEMPOS DE INYECCIÓN (ms)
3000	12/12	4000	12/12	5000	12/12

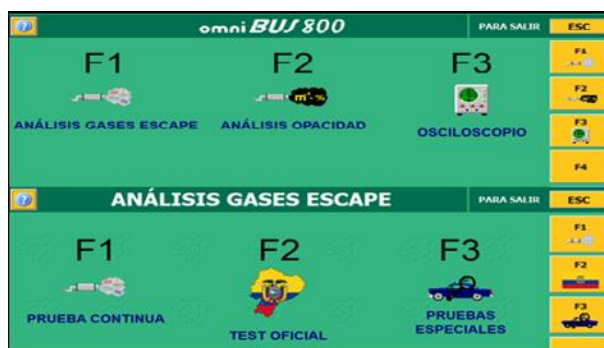
12/36	12/28	12/28
28/12	12/36	12/44
28/20	20/28	20/36
28/28	20/36	20/44
28/44	28/12	28/12
36/12	28/28	28/36
36/28	36/12	28/44
44/44	36/44	36/36
	44/36	36/44
	44/44	44/36

#### 4.2.3. Emisiones

La prueba de emisiones de gases se realizó con el motor estándar y con la implementación de la inyección de etanol/metanol mediante el equipo de medición AGS-688.

##### a. Test Oficial

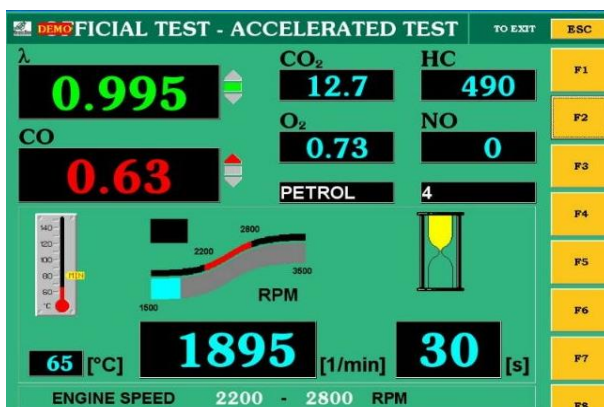
Para la realización de la prueba de emisiones de gases en TEST OFICIAL se continúa con el procedimiento respectivo del analizador de gases AGS-688.



**Figura 52.** Selección de prueba de TEST OFICIAL



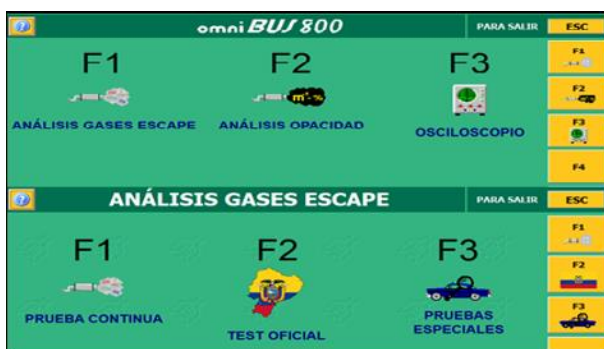
El resultado de la prueba TEST OFICIAL genera un documento el cual indica al vehículo sometido a la revisión si está o no dentro de los rangos máximos permitidos de emisiones de gases.



**Figura 53.** Prueba de TEST OFICIAL

#### b. Prueba continua

Para la realización de la prueba de emisiones de gases en PRUEBA CONTINUA se continúa con el procedimiento respectivo del analizador de gases AGS-688.



**Figura 54.** Selección de PRUEBA CONTINUA

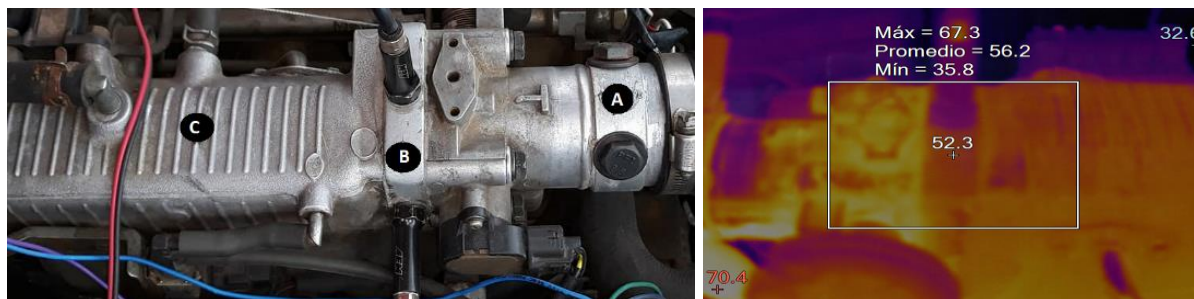
El resultado del análisis PRUEBA CONTINUA genera un documento el cual indica los valores de los diferentes gases de escape que está generando el motor de combustión interna.



**Figura 55.** Análisis de gases en PRUEBA CONTINUA

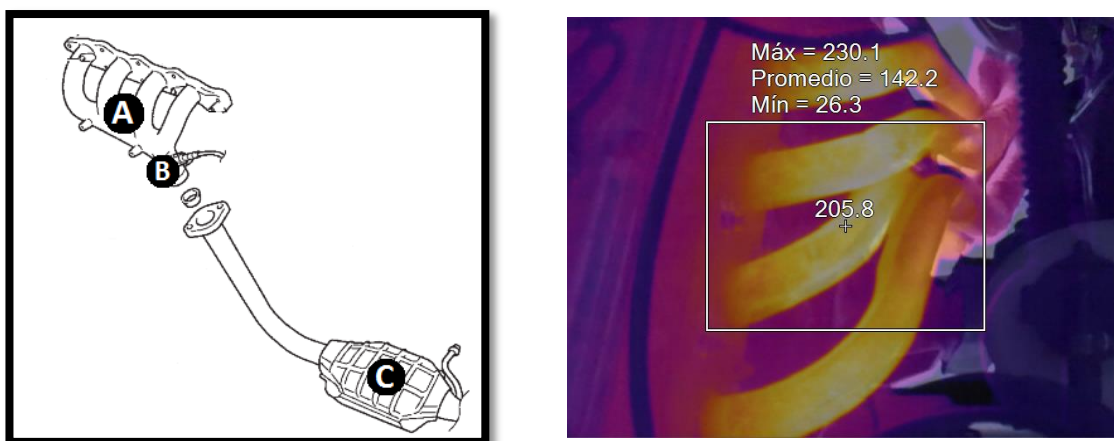
#### 4.2.4. Termografía

El proceso de termografía (Anexo E) se desarrolló en tres puntos de análisis para el sistema de admisión (base de inyectores 1, base de inyectores 2, múltiple de admisión), mediante el uso de la cámara termográfica TIS-60 se obtuvo los diferentes cambios de temperatura de los materiales sometidos a dicha prueba generados por la inyección de los fluidos etanol-metanol en sus diferentes combinaciones como se muestra en la tabla 31.



**Figura 56.** Puntos de análisis para el sistema de admisión

Para el sistema de escape los puntos analizados son: colector de escape, base de sensor de oxígeno y catalizador.



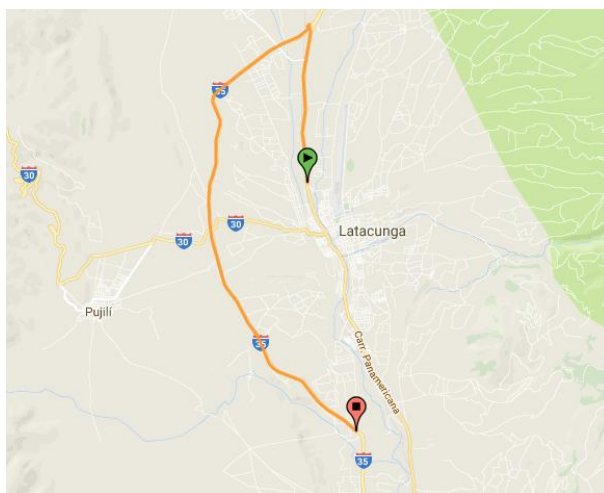
**Figura 57.** Puntos de análisis del sistema de escape

#### 4.2.5. Prueba de consumo de combustible.

Las pruebas de consumo de combustible se realizaron mediante un método experimental a partir de un recipiente graduado con el que se determina la diferencia de niveles de combustible al realizar las diferentes pruebas de ruta en ciudad y carretera sometiendo al vehículo a condiciones normales de funcionamiento y con la implementación del módulo de control del sistema de inyección de etanol-metanol.

##### a. Ruta establecida para la prueba en carretera

La ruta establecida para la prueba de consumo de combustible en carretera se realizó en el paso lateral Latacunga – Ambato.



**Figura 58.** Ruta de prueba en carretera

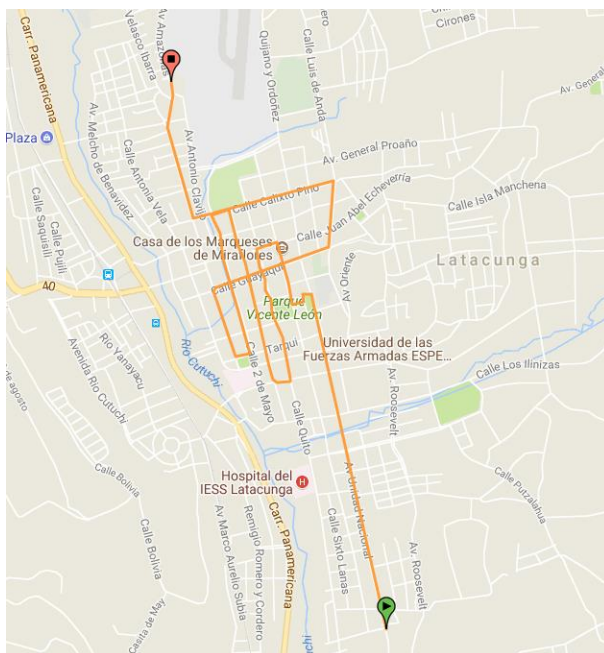
**Tabla 33**

*Distancia recorrida de prueba en carretera*

Inicio	Final	Distancia Km
Mercado mayorista sentido sur-norte	E35 y avenida vía a salache	27

**b. Ruta establecida para prueba en ciudad**

La ruta establecida para la prueba de consumo de combustible en ciudad se realizó en las principales calles de la ciudad de Latacunga.



**Figura 59.** Ruta de prueba en ciudad

**Tabla 34**

*Distancia recorrida de prueba en ciudad*

Inicio	Final	Distancia Km
Avenida Unidad Nacional y Catalina Rivera	Av. Amazonas y Antonio Clavijo	7.62

#### 4.3. Tabulación de datos de las pruebas realizadas de emisiones de gases de escape sin el sistema de inyección de etanol/metanol

Se representa todas las pruebas realizadas al vehículo en modo estándar.

### 4.3.1. Test oficial.

En la figura 60 se muestran los resultados del TEST OFICIAL generados por el analizador de gases AGS-688 mediante el Aneo F.

DATOS DEL VEHICULO			
Placa	: PJB-0935	No. Chasis	: 9GDSN41305B002169
Marca	: CHEVROLET	No. Tubos de Escape	: 1
Modelo	: JIMNY	2 Tiempos / 4 Tiempos	: 4
Año de Construcción	: 2005	Odómetro	: 233425
Combustible	: GASOLINA		
LIMITES PRESCRITOS			
Temperatura Motor	: 80 [°C]		
Régimen Motor al Mínimo	: 500 - 1200 [1/min]	Régimen Motor en Aceleración:	2400 - 2600 [1/min]
O2	: 5.0 [%Vol]	CO	: 1.0 [%Vol]
		HC	: 200 [ppmVol]
VALORES MEDIDOS			
PRUEBA AL MINIMO		PRUEBA EN ACELERACIONE	
Temp. Motor	: 80 [°C]	Temp. Motor	: 80 [°C]
RPM	: 1150 [1/min]	RPM	: 2470 [1/min]
CO	: 0.21 [%Vol]	CO	: 0.33 [%Vol]
CO2	: 11.0 [%Vol]	CO2	: 12.6 [%Vol]
O2	: 7.66 [%Vol]	O2	: 2.62 [%Vol]
HC	: 195 [ppmVol]	HC	: 198 [ppmVol]
Lambda	: 1.457 [-]	Lambda	: 1.121 [-]
<b>RESULTADO DEL TEST : RECHAZADO</b>			
Fecha y hora de inicio prueba	: 06/02/2018	10:13:47	
Fecha y hora de termine prueba	: 06/02/2018	10:49:29	
Examinador	: CRISTIAN CLAUDIO		
	Firma		

**Figura 60.** Test Oficial Chevrolet Jimny

### 4.3.2. Emisiones de gases de escape

Muestra los resultados de los valores de gases de escape a diferente régimen de giro

#### a. Pruebas de emisiones de gases a diferente régimen de giro

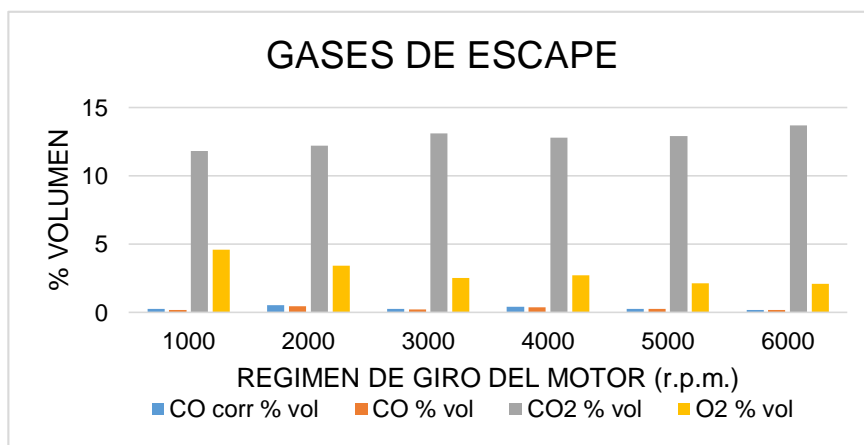
La prueba de emisiones de gases se desarrolló con el analizador de gases AGS-688, midiendo los siguientes parámetros: CO corr, Lambda, CO, CO2, HC, O2 y NOx.

**Tabla 35**

*Prueba de emisiones de gases sin sistema de inyección etanol/metanol*

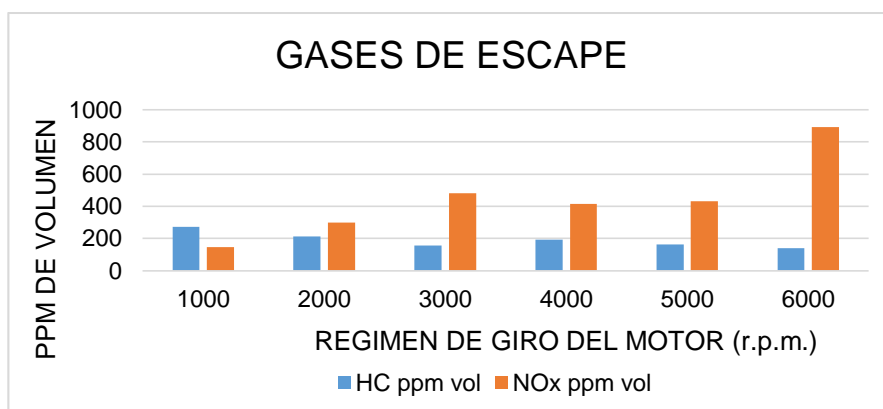
r.p.m.	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol
1000	0,24	1,245	0,19	11,8	273	4,58	145
2000	0,52	1,163	0,44	12,2	214	3,42	298
3000	0,26	1,117	0,23	13,1	157	2,52	480
4000	0,41	1,122	0,36	12,8	193	2,7	415
5000	0,27	1,098	0,24	12,9	163	2,14	431
6000	0,17	1,094	0,16	13,7	140	2,08	892

Como se puede inferir de la figura 61, el valor máximo de Óxido de carbono corregido en condiciones normales de funcionamiento es de 0,52% de volumen a 2000 r.p.m., el valor máximo de Óxido de carbono en condiciones normales de funcionamiento es de 0,44% de volumen a 2000 r.p.m., el valor máximo de Dióxido de carbono en condiciones normales de funcionamiento es de 13,7% de volumen a 6000 r.p.m., el valor máximo de Oxígeno en condiciones normales de funcionamiento es de 4,58% de volumen



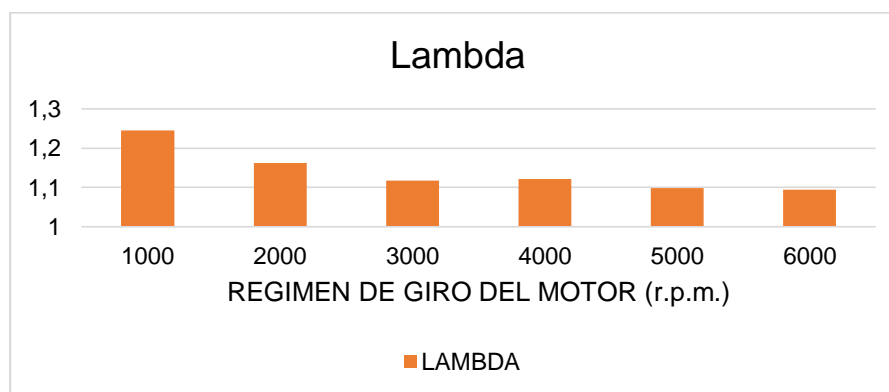
**Figura 61.** Gases de escape en % de volumen sin inyección de etanol/metanol

En relación con la figura 62, el valor máximo de Hidrocarburo en condiciones normales de funcionamiento es de 273 ppm de volumen a 1000 r.p.m. tendiendo a disminuir mientras el régimen de giro del motor se incrementa, el valor máximo de Óxido nitroso en condiciones normales de funcionamiento se incrementa mientras el régimen de giro del motor aumenta, llegando a un valor de 892 ppm de volumen a 6000 r.p.m.



**Figura 62.** Gases de escape en ppm de volumen sin inyección de etanol/metanol

Los valores de la figura 63 corresponden a la medición continua de Lambda a diferente régimen de giro del motor, el valor máximo es de 1,245 a 1000 r.p.m., disminuyendo su valor considerablemente mientras aumenta el régimen de giro hasta un valor de 1,094 en 6000 r.p.m.

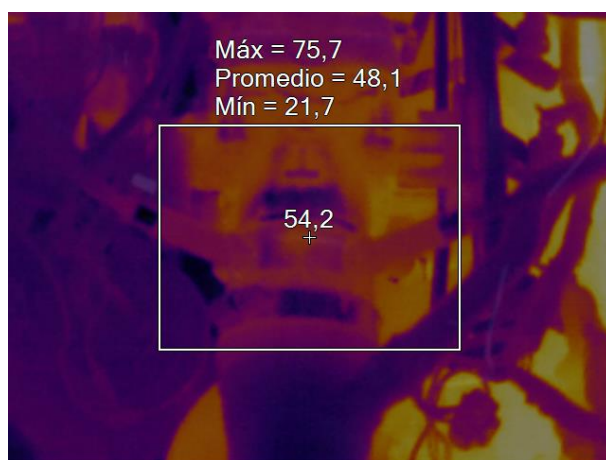


**Figura 63.** Lambda sin inyección de etanol/metanol



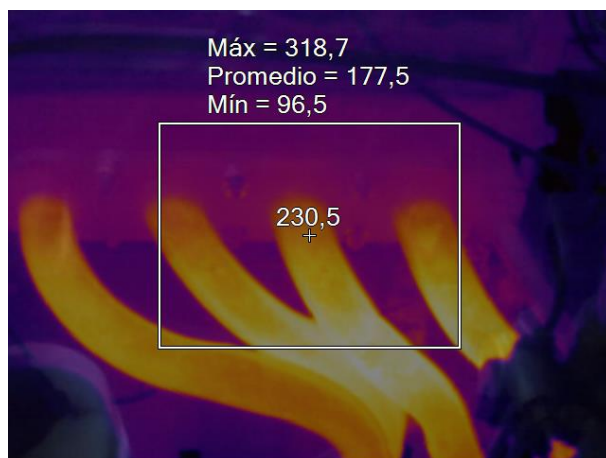
### 4.3.3. Tabulación de datos de las pruebas de termografía

Luego de realizar la toma de fotografías con la cámara termográfica TIS-60 y mediante el uso del software Smartview se obtuvo los datos de temperatura de las superficies a analizar, posteriormente a tabular en una hoja de datos Excel para su respectivo análisis gráfico.



**Figura 64.** Imagen termográfica del colector de admisión

El conjunto de evidencias del análisis termográfico del sistema de admisión y de escape representadas en la figura 64 y figura 65 respectivamente se genera como Anexo H.



**Figura 65.** Imagen termográfica del colector de escape

En el cuadro central de medición se generan cuatro datos de temperatura las cuales son: el máximo, mínimo, promedio y punto central de temperaturas de superficie, para el estudio de temperatura se consideró el punto central de temperatura.

El sistema de admisión en condiciones normales de funcionamiento alcanza un valor de temperatura de hasta 54,2°C, en el sistema de escape las temperaturas son elevadas obteniendo temperaturas que rodean los 300°C.

**Tabla 36**

*Datos de termografía sin el sistema de inyección de etanol/metanol*

r.p.m.	Sistema de admisión			Sistema de escape		
	Base de inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
	°C	°C	°C	°C	°C	°C
3000	54,2	39,3	42,2	230,5	200,7	108,3
4000	50,5	41,1	42,2	291,4	282,2	122,6
5000	54	40,8	40,8	248	263,4	176,4

#### 4.3.4. Tabulación de datos de las pruebas de consumo de combustible

Se representan las tablas de consumo de combustible realizadas en una misma ruta establecida obteniendo un promedio general de las tres pruebas realizadas.

##### a. Consumo de combustible en carretera

De las tres pruebas realizadas en la misma ruta de carretera establecida, a una velocidad promedio de 77,067 Km/h una distancia total recorrida de 27 Km el vehículo consume 2,3 Lt, generando una relación de 2,25 galones cada 100 kilómetros recorridos en carretera.

**Tabla 37***Consumo de combustible en carretera sin el sistema de inyección*

<b>SIN SISTEMA DE INYECCIÓN ETANOL/METANOL</b>					
	<b>DISTANCIA (Km)</b>	<b>CONSUMO (L)</b>	<b>VELOCIDAD MEDIA (Km/h)</b>	<b>CONSUMO (L/100km)</b>	<b>CONSUMO (GL/100Km)</b>
<b>PRUEBA 1</b>	27	2,4	75,2	8,889	2,348
<b>PRUEBA 2</b>	27	2,2	79,4	8,148	2,153
<b>PRUEBA 3</b>	27	2,3	76,6	8,519	2,251
<b>PROMEDIO</b>	27	2,3	77,067	8,519	2,251

**b. Consumo de combustible en ciudad**

Se realizó tres pruebas en la misma ruta en ciudad establecida, a una velocidad promedio de 12,533 Km/h una distancia total recorrida de 8 Km el vehículo consume 1,03 Lt, generando una relación de consumo de 3,413 galones de utilización cada 100 kilómetros recorridos en ciudad.

**Tabla 38***Consumo de combustible en ciudad sin el sistema de inyección*

<b>SIN SISTEMA DE INYECCIÓN ETANOL/METANOL</b>					
	<b>DISTANCIA (Km)</b>	<b>CONSUMO (L)</b>	<b>VELOCIDAD MEDIA (Km/h)</b>	<b>CONSUMO (L/100km)</b>	<b>CONSUMO (GL/100Km)</b>
<b>PRUEBA 1</b>	8	0,9	12,3	11,25	2,972
<b>PRUEBA 2</b>	8	1,1	12,8	13,75	3,633
<b>PRUEBA 3</b>	8	1,1	12,5	13,75	3,633
<b>PROMEDIO</b>	8	1,033	12,533	12,917	3,413

#### 4.4. Tabulación de datos de las pruebas realizadas de emisiones de gases de escape con el sistema de inyección de etanol/ metanol

##### 4.4.1. Emisiones de gases de escape

En esta sección se determinó el comportamiento de los gases de escape a diferentes tiempos de inyección de los fluidos.

##### a. Inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración

En el siguiente apartado se muestra los resultados obtenidos del analizador de gases AGS-688 para las pruebas de emisiones de gases con el sistema de inyección instalado antes del cuerpo de aceleración.

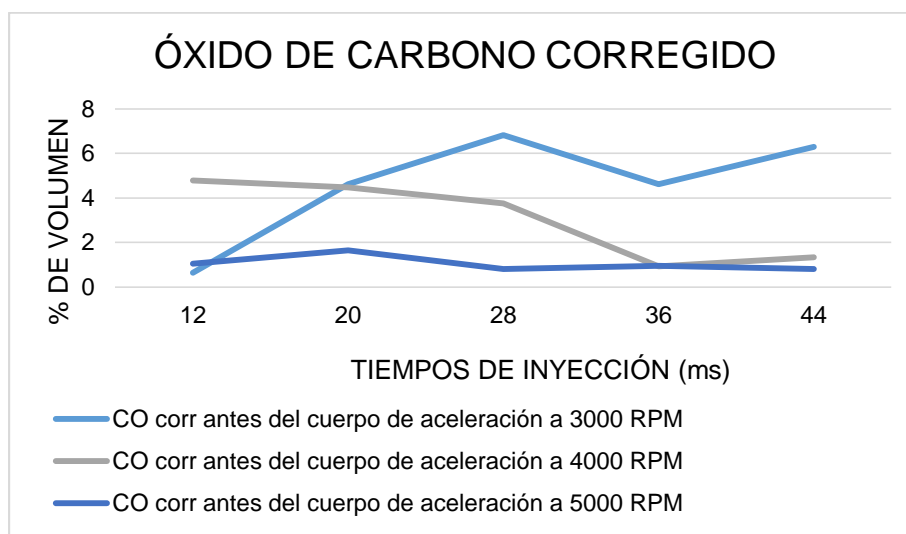
**Tabla 39**

*Inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración*

		Antes del cuerpo de aceleración						
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NO ppm Vol
3000	12	0,64	1,114	0,55	12,4	472	2,89	40
	20	4,61	1,106	3,68	8,3	958	5,14	308
	28	6,82	0,838	6,82	10	1599	1,85	121
	36	4,61	1,271	2,04	4,6	760	4,73	61
	44	6,3	0,814	6,3	10,8	953	0,35	10
4000	12	4,78	0,963	4,54	9,7	788	2,89	153
	20	4,47	1,121	3,48	8,2	1091	5,34	329
	28	3,76	0,875	3,76	12,1	1270	0,56	41
	36	0,92	1,232	0,87	13,3	372	5,62	0
	44	1,34	1,714	0,89	9,1	448	11,3	0
5000	12	4,45	1,047	3,8	9	1028	4,27	214
	20	0,01	1,646	0,01	11,3	327	10,8	72
	28	6,01	0,798	6,01	10,7	1528	0,25	101
	36	2,69	0,952	2,69	13	545	1,09	0

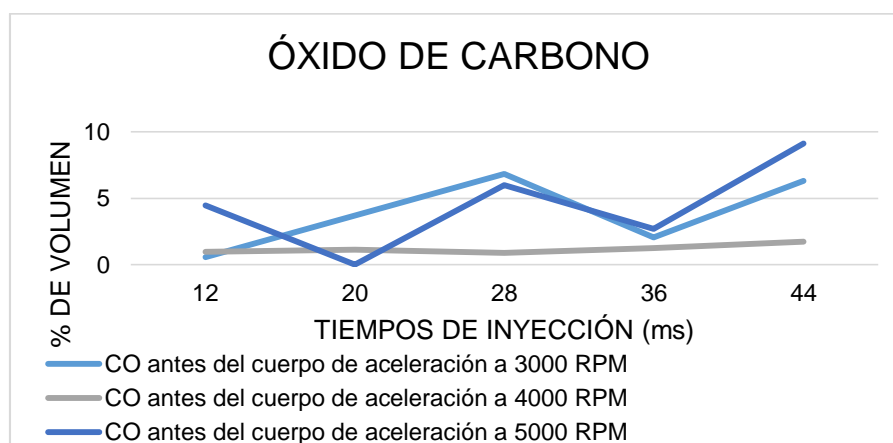
Como resultado de la figura 66, el valor máximo de Óxido de carbono corregido de 6,82% de volumen se presenta en la inyección de 28 ms de etanol a 3000 r.p.m., los

valores mínimos se presentan a las 5000 r.p.m. en todos los tiempos de inyección, en 4000 r.p.m. el valor de Óxido de carbono corregido tiende a disminuir desde 4,78% de volumen hasta 0,952% de volumen.



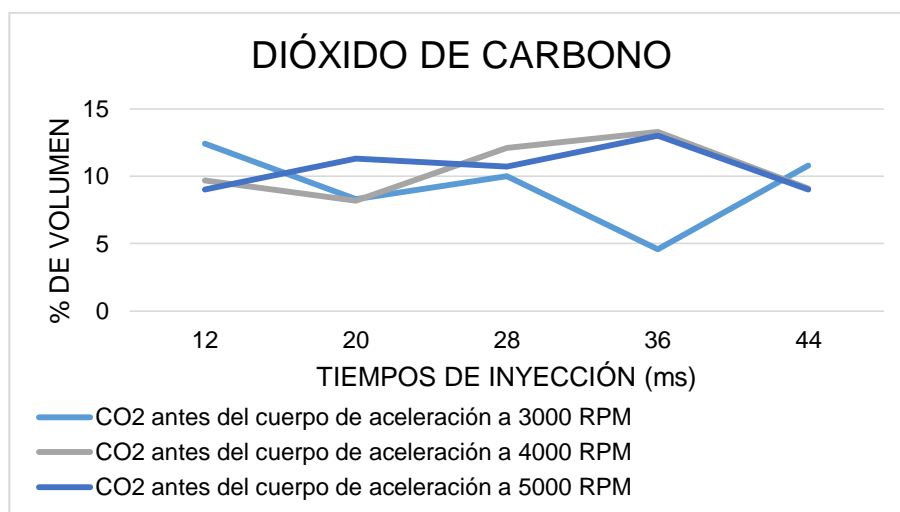
**Figura 66.** Óxido de carbono corregido con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Óxido de carbono es de 9,14% de volumen, se presenta en una inyección de 44 ms de etanol a 5000 r.p.m., los valores mínimos se presentan a las 4000 r.p.m. en todas las combinaciones de inyección de la figura 67.



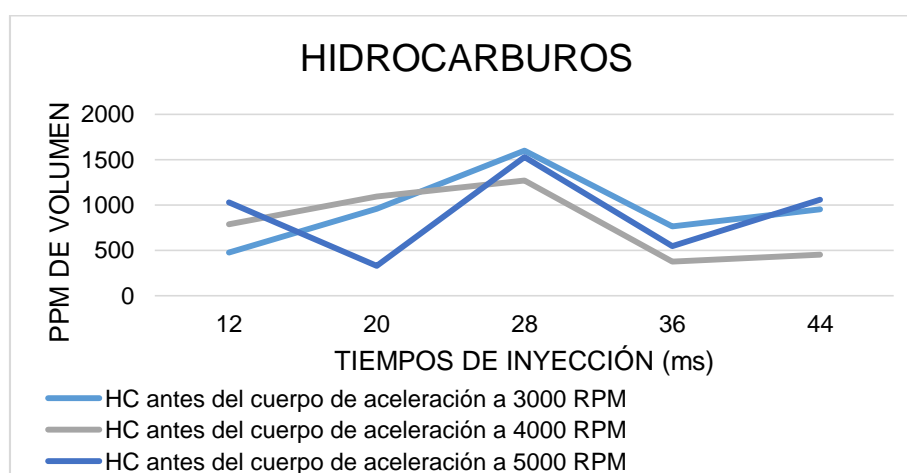
**Figura 67.** Óxido de carbono con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración

A 33 ms de inyección de etanol el valor máximo de Dióxido de carbono de 13,3% de volumen se presenta a 4000 r.p.m., el valor mínimo es de 4,6% de volumen a 36 ms en 3000 r.p.m.



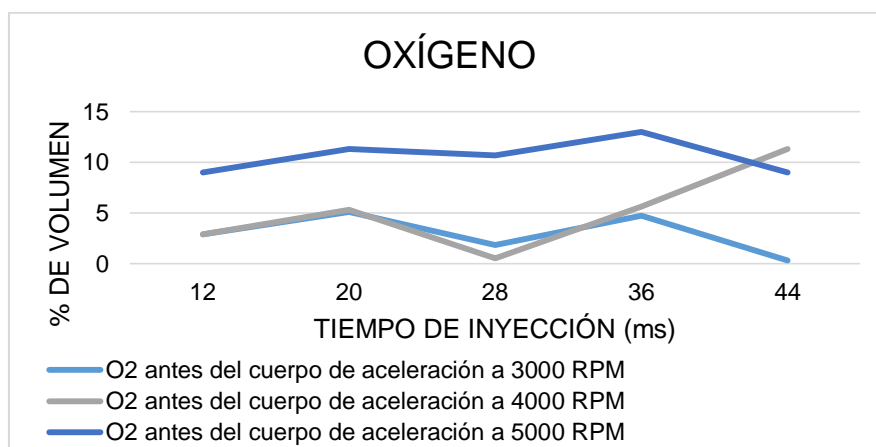
**Figura 68.** Dióxido de carbono con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración

En 4000 r.p.m. y 28 ms de inyección de etanol el valor máximo de Hidrocarburos es de 1599 ppm de volumen, el valor mínimo de 327 ppm de volumen al inyectar 20 ms etanol a 5000 r.p.m.



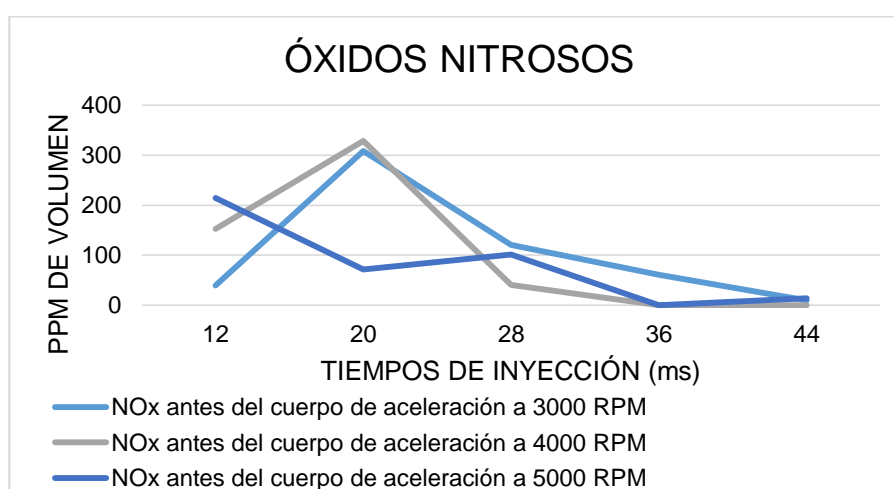
**Figura 69.** Hidrocarburos con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Oxígeno es de 13% de volumen al inyectar 36 ms de etanol a 4000 r.p.m., el valor mínimo es de 4,6% de volumen de la combinación de 36 ms a 3000 r.p.m.



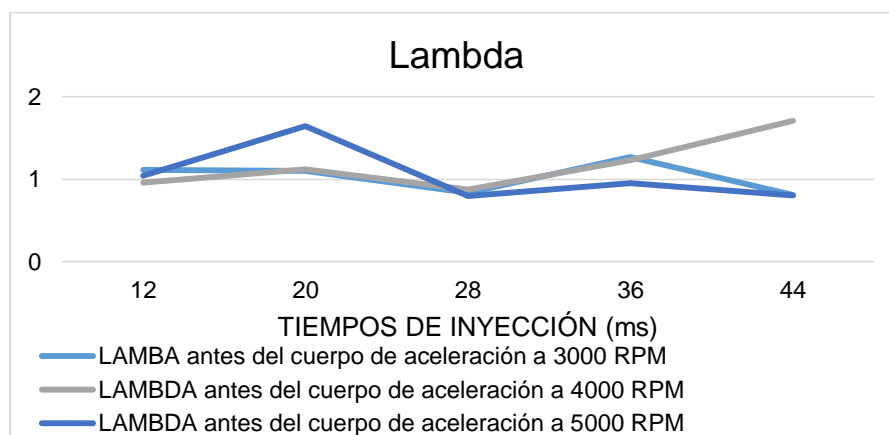
**Figura 70.** Oxígeno con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Óxidos nitrosos al inyectar etanol da como valor máximo 329 ppm de volumen a un tiempo de inyección de 20 ms a 4000 r.p.m., al incrementar los tiempos de inyección disminuye la cantidad de Óxidos nitrosos llegando a un valor de 14 ppm de volumen.



**Figura 71.** Óxidos nitrosos con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración

El factor Lambda indica una mezcla pobre al inyectar 28 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en todas las condiciones de régimen de giro del motor.



**Figura 72.** Lambda con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración

#### b. Inyección de etanol después del cuerpo de aceleración

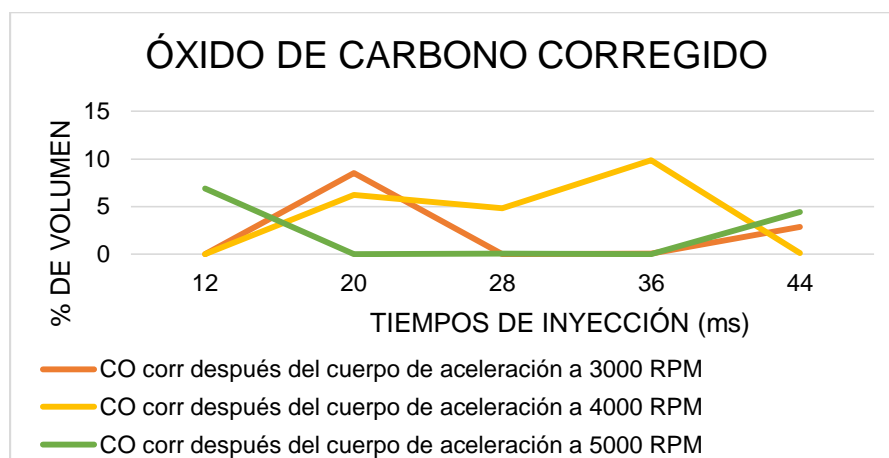
**Tabla 40**

*Inyección de etanol después del cuerpo de aceleración*

Después del cuerpo de aceleración								
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	CO corr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NO ppm Vol
3000	12	0,01	1,113	0,01	13,9	185	2,42	269
	20	8,5	0,755	8,5	7,5	4660	3,37	0
	28	0,01	1,291	0,01	13,4	297	5,89	38
	36	0,02	1,1	0,02	13,3	452	2,34	108
	44	2,83	0,893	2,83	13,2	1283	0,35	0
4000	12	0,01	1,142	0,01	13,1	210	2,86	81
	20	6,22	0,805	6,22	10,9	1368	0,33	28
	28	4,83	0,835	4,83	12,1	1857	0,52	0
	36	9,86	0,712	9,86	8,4	2750	1,11	36
	44	0,09	0,995	0,09	14,4	414	0,3	29
5000	12	6,88	0,834	6,88	9,9	455	0,99	191
	20	0,01	1,103	0,01	13,8	244	2,26	55
	28	0,04	1,006	0,04	14,3	432	0,52	37
	36	0,01	1,093	0,01	13,5	339	2,11	59
	44	4,4	0,867	4,4	11,9	1112	0,61	30

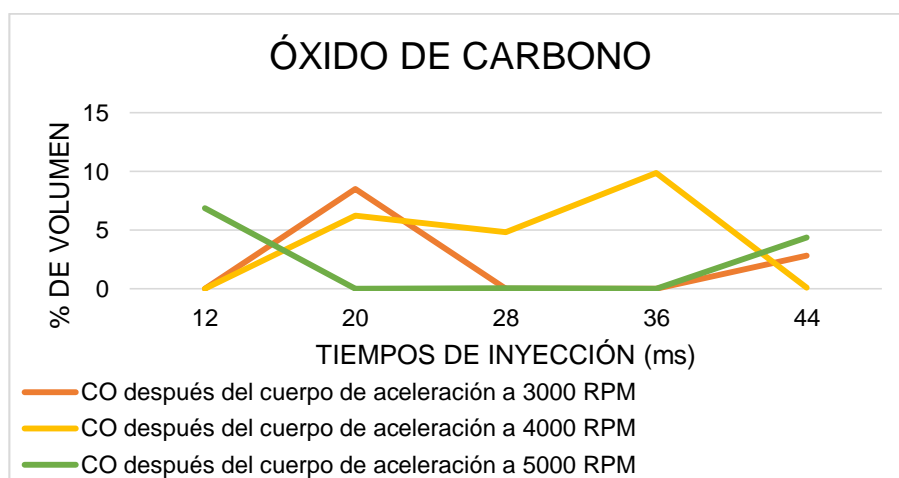


El Óxido de carbono corregido presenta una disminución considerable en valores menores a 5% de volumen desde los 20 ms de inyección de etanol.



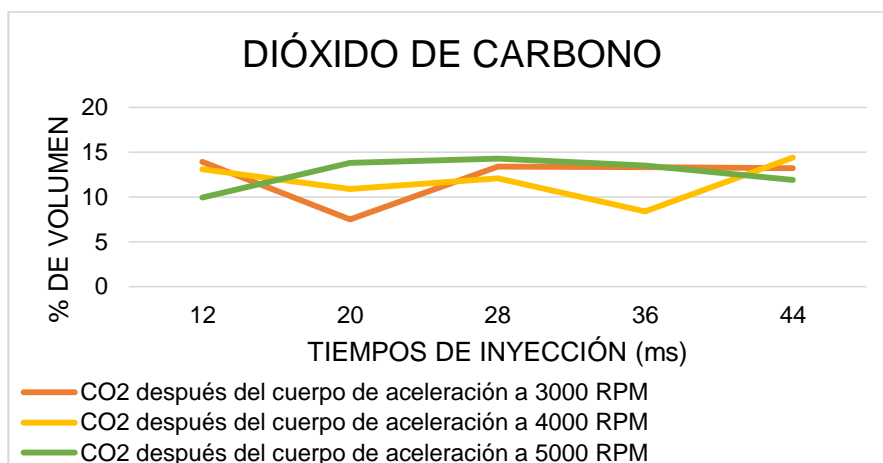
**Figura 73.** Óxido de carbono corregido con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración

El valor máximo es 9.86% de volumen de Óxido de carbono al inyectar 36ms de etanol después del cuerpo de aceleración a 4000 r.p.m., los valores mínimos están entre 28 y 36 ms de inyección de etanol menores al 5% de volumen.



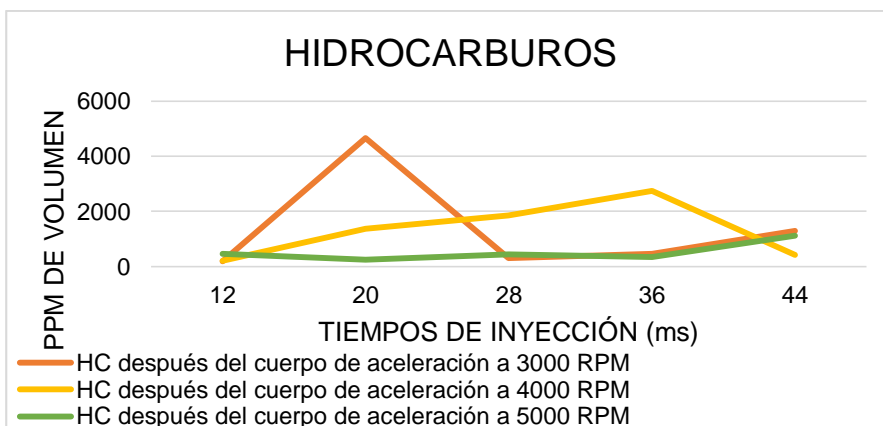
**Figura 74.** Óxido de carbono con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración

El Dióxido de carbono a 3000 r.p.m. y 20 ms de inyección de etanol después del cuerpo de aceleración disminuye a un valor de 7,5% de volumen, a 4000 r.p.m. se obtiene un valor de 8,4% de volumen al inyectar 36 ms de etanol, en 5000 r.p.m. el valor del Dióxido de carbono incrementa a medida de que el tiempo de inyección incrementa.



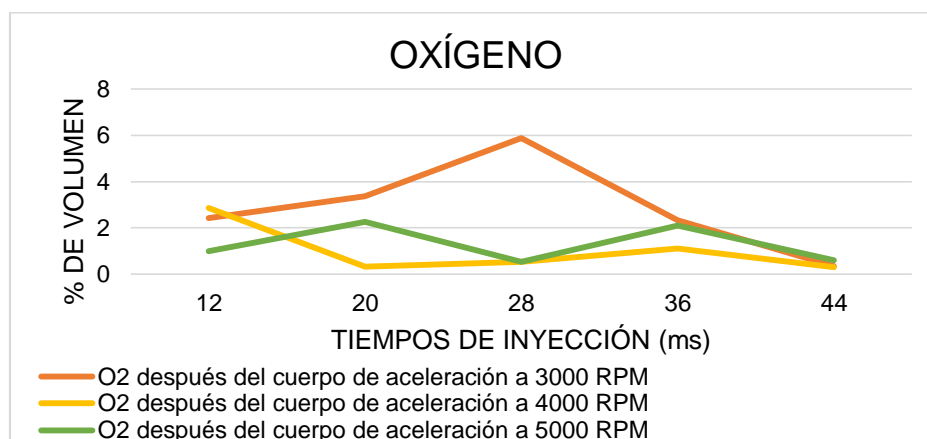
**Figura 75.** Dióxido de carbono con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Hidrocarburos a 3000 r.p.m. es de 4660 ppm de volumen en un tiempo de inyección de 20 ms de etanol después del cuerpo de aceleración, a 4000 r.p.m. y 5000 r.p.m. el valor del Hidrocarburo es directamente proporcional al tiempo de inyección, a mayor tiempo de inyección mayor es el valor del Hidrocarburo hasta 2750 ppm de volumen.



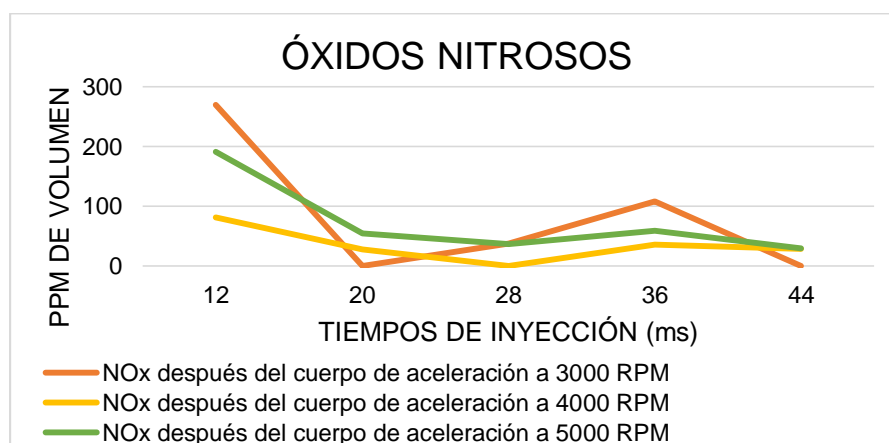
**Figura 76.** Hidrocarburos con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración

En 28 ms de inyección de etanol después del cuerpo de aceleración el Oxígeno incrementa su valor a 5,89% de volumen en 3000 r.p.m., la cantidad de Oxígeno disminuye a partir de las 4000 r.p.m. y 5000 r.p.m., obteniendo valores menores al 1% de volumen entre tiempos de inyección de 20 y 28 ms de etanol.



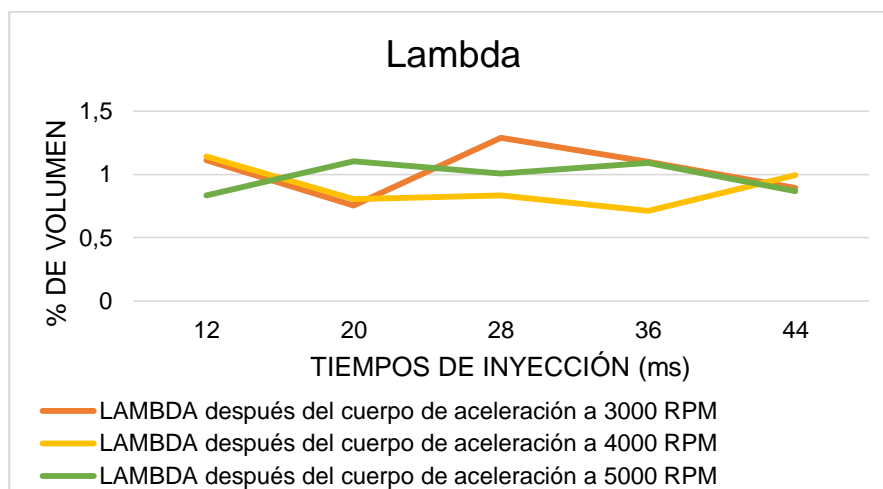
**Figura 77.** Oxígeno con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración

La cantidad de Óxidos nitrosos en ppm de volumen son inversamente proporcional a los tiempos de inyección, a medida de que aumentan los tiempos de inyección se obtienen valores menores a 100 ppm de volumen de Óxidos nitrosos en todas las condiciones de régimen de giro del motor.



**Figura 78.** Óxidos nitrosos con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración

En 3000 r.p.m. a partir de 20 ms de inyección de etanol después del cuerpo de aceleración la relación Lambda es menor a 1 la cual indica una mezcla pobre, en 4000 r.p.m. se produce una mezcla pobre a 28 ms de inyección de etanol, a 5000 r.p.m. el factor Lambda indica que existe una mezcla rica en el sistema.



**Figura 79.** Lambda con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración

### c. Inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración

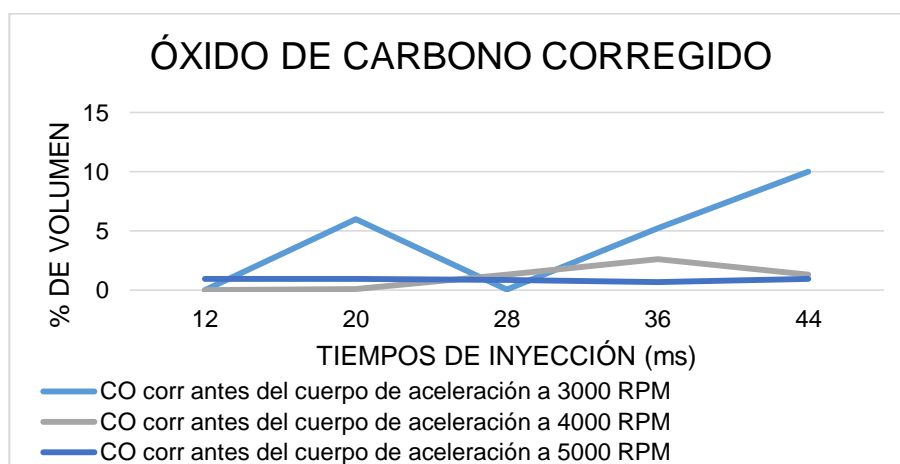
**Tabla 41**

*Inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	Antes del cuerpo de aceleración						
		CO corr % Vol	Lambda	CO %Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 %Vol	NOx ppm Vol
3000	12	0,01	1,023	0,01	13,9	301	0,72	163
	20	5,99	0,783	5,99	11,5	2200	0,05	0
	28	0,04	1,142	0,03	12,8	221	2,83	465
	36	5,23	0,816	5,23	11,1	1324	0,09	0
	44	9,99	0,637	9,99	7,3	3420	0,03	0
4000	12	0,01	1,107	0,01	13,9	198	2,31	241
	20	0,09	0,982	0,09	14,9	461	0,05	0
	28	1,33	0,967	1,32	13,6	494	0,54	0
	36	2,6	0,892	2,6	13,3	1089	0,04	19
	44	1,3	0,948	1,3	14	427	0,03	20
	12	1,17	0,955	1,17	14,2	366	0,06	0

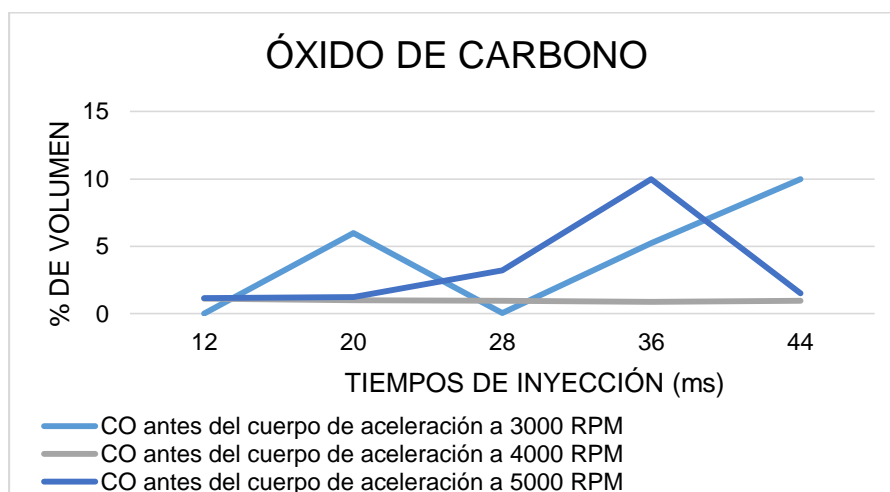
5000	20	1,25	0,944	1,25	13,9	564	0,04	0
	28	3,22	0,877	3,22	12,3	919	0,05	0
	36	9,99	0,667	9,99	7,1	2080	0,21	0
	44	1,51	0,939	1,51	13,6	491	0,03	18

En 28 ms de inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración los valores del Óxido de carbono corregido son menores a 2% de volumen en todas las condiciones de régimen de giro del motor, los valores máximos de 5,99% de volumen a 20 ms de inyección de metanol en 3000 r.p.m.



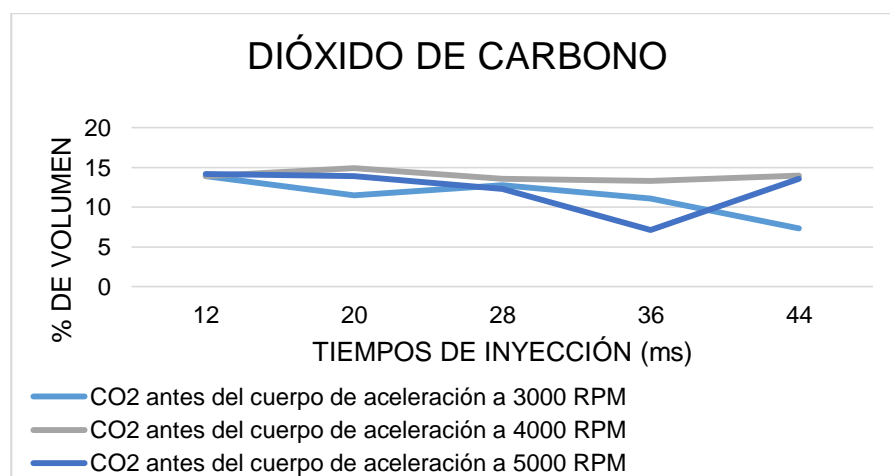
**Figura 80.** Óxido de carbono corregido con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración

El valor mínimo de Óxido de carbono de 0,03% de volumen se da a 28 ms de inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., a una inyección de 36 ms de metanol el valor máximo de Óxido de carbono es de 9,99 en 5000 r.p.m.



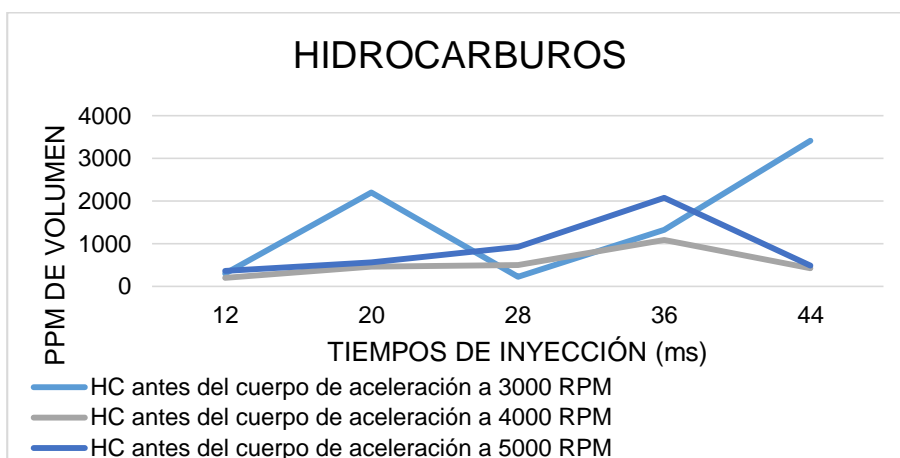
**Figura 81.** Óxido de carbono con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración

Para 36 ms de inyección de metanol a 5000 r.p.m. el valor mínimo de Dióxido de carbono es de 7,1% de volumen, a 4000 r.p.m. al inyectar 20 ms de metanol la cantidad máxima de Dióxido de carbono es de 14,9% de volumen.



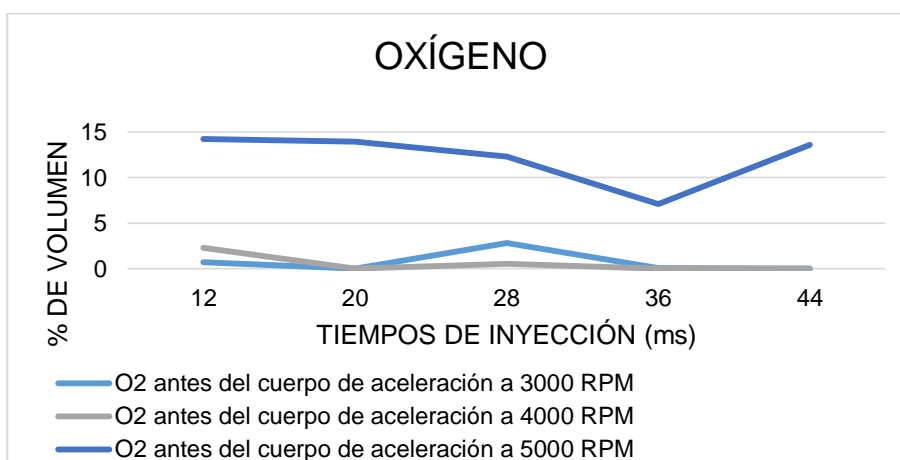
**Figura 82.** Dióxido de carbono con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración

En 3000 r.p.m. se produce la cantidad mínima de Hidrocarburos de 221 ppm de volumen en una inyección de 3000 r.p.m., en 36 ms de inyección de metanol la cantidad de Hidrocarburos se incrementan a 1089 ppm de volumen y 2080 ppm de volumen a 3000 r.p.m. y 4000 r.p.m. respectivamente.



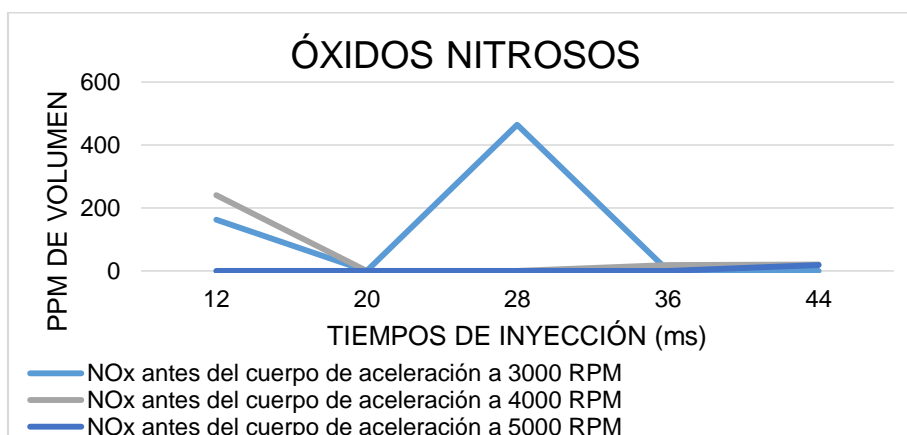
**Figura 83.** Hidrocarburos con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración

Los valores de Oxígeno se encuentran por debajo de 2,83% de volumen para todos los tiempos de inyección en 3000 r.p.m. y 4000 r.p.m., los valores máximos se producen en 5000 r.p.m. a 12 ms de inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración.



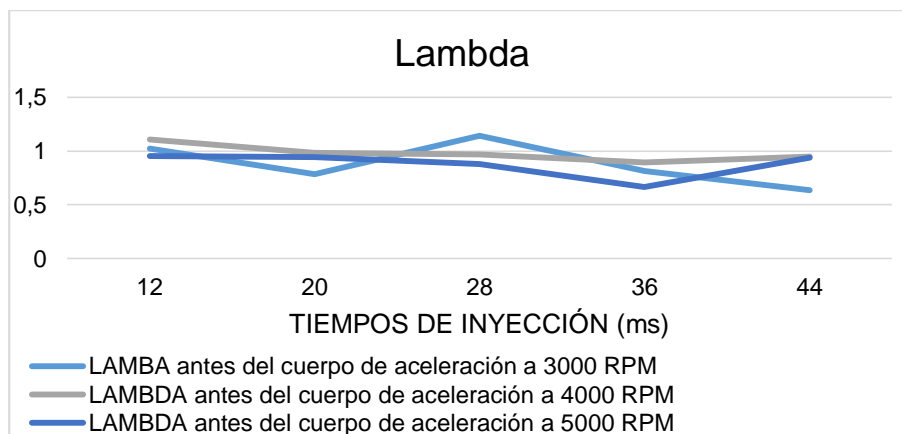
**Figura 84.** Oxígeno con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración

En 28 ms de inyección de metanol a 3000 r.p.m. los Óxidos nitrosos se incrementan a 465 ppm de volumen, a partir de 20 ms de inyección de metanol para 3000 r.p.m. y 4000 r.p.m. los Óxidos nitrosos se encuentran por debajo de 18 ppm de volumen.



**Figura 85.** Óxidos nitrosos con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración

Para 28 ms de inyección de metanol la relación Lambda es de 1,142 la cual indica una mezcla rica en el sistema a 3000 r.p.m., con una relación Lambda de 0.0667 indica una mezcla pobre en 36 ms de inyección de metanol a 5000 r.p.m.



**Figura 86.** Lambda con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración

#### d. Inyección de metanol después del cuerpo de aceleración

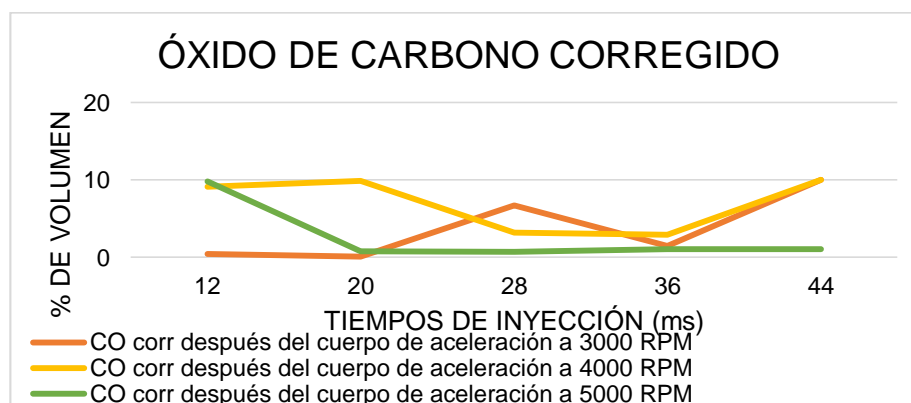


Tabla 42

*Inyección de metanol después del cuerpo de aceleración*

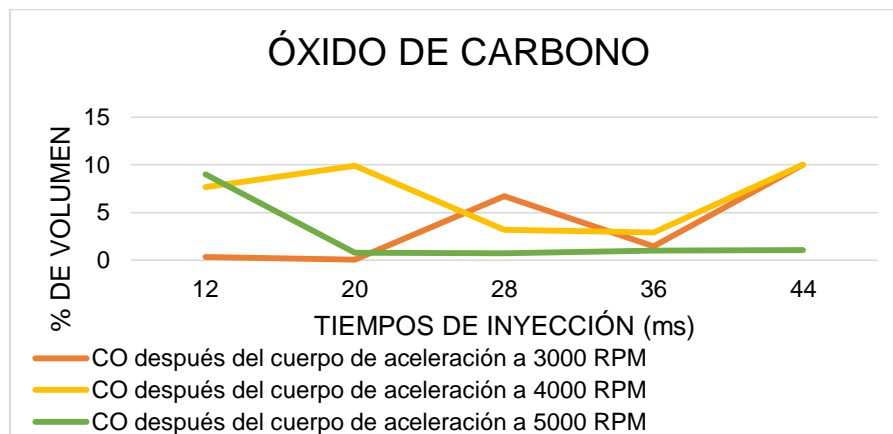
Después del cuerpo de aceleración								
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NO ppm Vol
3000	12	0,41	1,17	0,34	12,1	157	3,37	439
	20	0,07	1,103	0,06	13,3	440	2,41	106
	28	6,69	0,749	6,69	10,9	2880	0,04	22
	36	1,46	0,937	1,46	14,2	664	0,04	11
	44	9,99	0,674	9,99	8,2	3110	0,38	110
4000	12	9,14	0,934	7,65	4,9	2550	6,35	103
	20	9,9	0,646	9,9	8,2	3020	1,71	47
	28	3,22	0,88	3,22	12,6	1409	0,44	860
	36	2,92	0,892	2,92	13,1	823	0,04	143
	44	9,99	0,703	9,99	8,6	1513	0,04	405
5000	12	9,78	0,845	9	4,8	2740	5,51	45
	20	0,79	0,953	0,79	14,3	749	0,1	39
	28	0,73	0,968	0,73	14,5	630	0,29	581
	36	1,06	0,95	1,03	13,6	786	0,25	125
	44	1,07	0,955	1,07	14	578	0,19	158

Una inyección de 20 ms de metanol a 4000 r.p.m. el valor máximo de Óxido de carbono corregido es de 9,9% de volumen y el valor mínimo es de 0,07 en 3000 r.p.m.



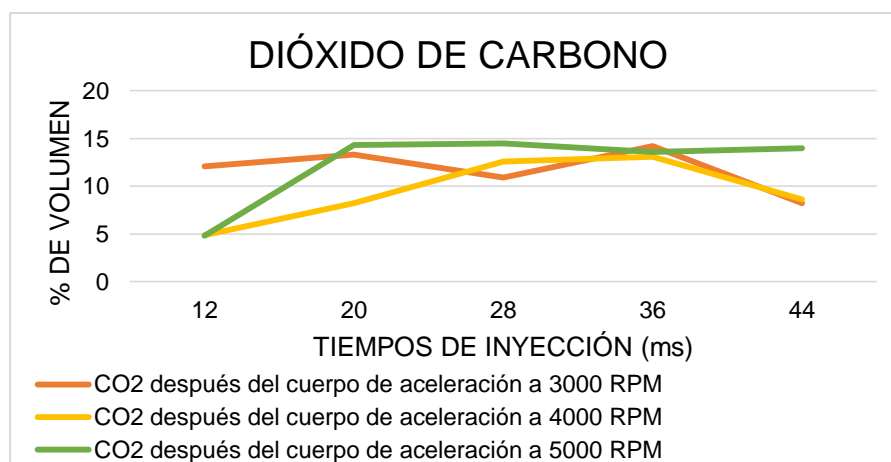
**Figura 87.** Óxido de carbono corregido con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración

El Óxido de carbono en una inyección de 20 ms de metanol a 4000 r.p.m. el valor máximo de 9,9% de volumen y el valor mínimo de 0,07 en 3000 r.p.m.



**Figura 88.** Óxido de carbono con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración

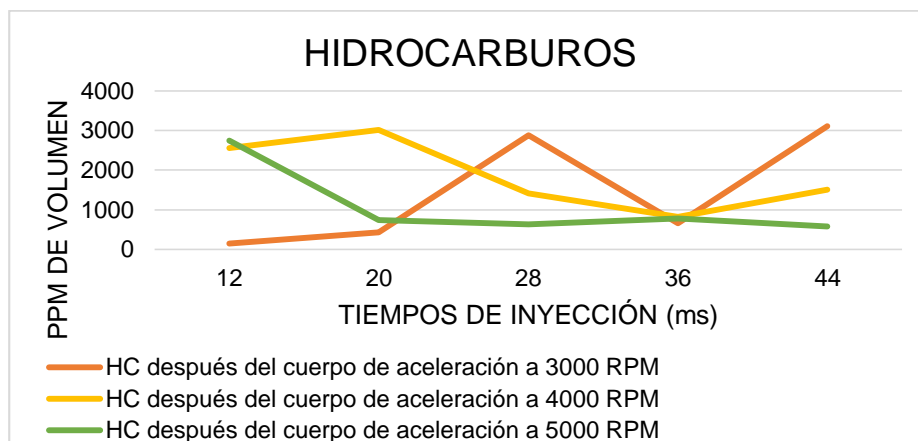
Para 20 ms de inyección de metanol y 5000 r.p.m. el valor máximo de Dióxido de carbono es de 14,3% de volumen y en 12 ms de inyección de metanol a 4000 r.p.m. el valor mínimo es de 4,8% de volumen.



**Figura 89.** Dióxido de carbono con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración

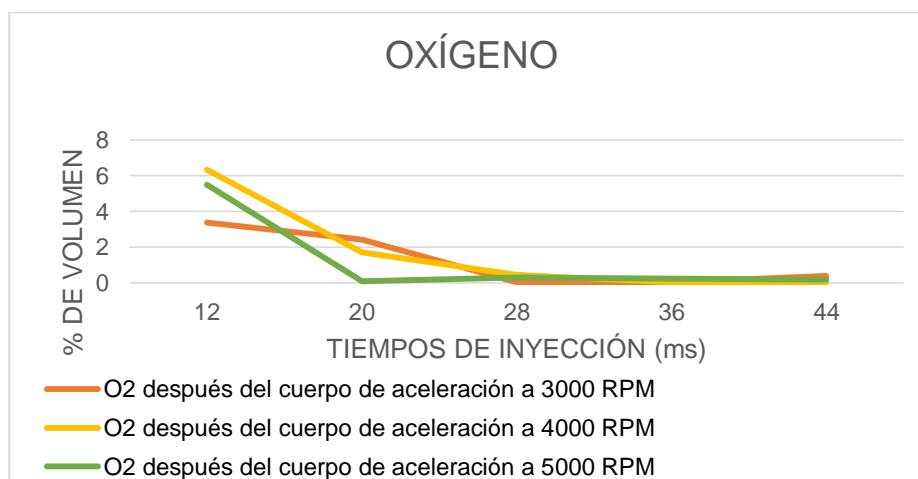
En 36 ms de inyección de metanol para todas las condiciones de régimen de giro del motor el valor de Hidrocarburos oscilan entre 600 ppm de volumen y 800 ppm de

volumen, el valor máximo es de 3020 ppm de volumen a 20 ms de inyección de metanol y 4000 r.p.m., en 12 ms de inyección de metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo es de 157 ppm de volumen.



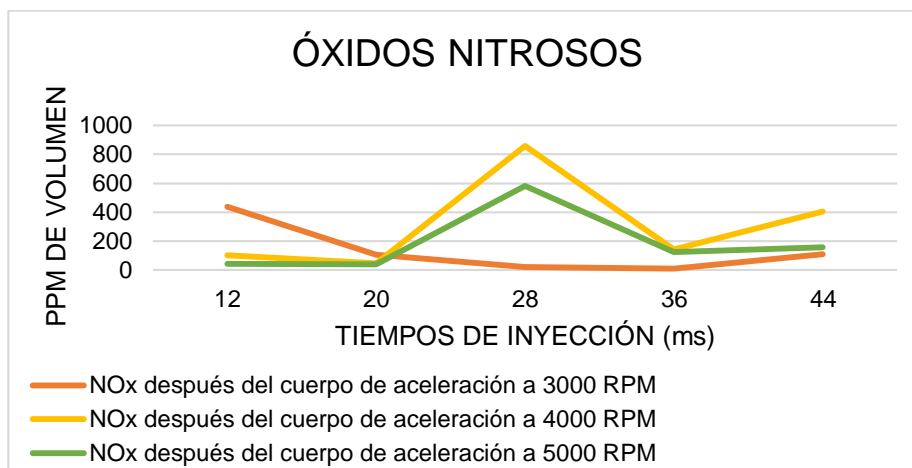
**Figura 90.** Hidrocarburos con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración

En 12 ms de inyección de metanol para todas las condiciones de régimen de giro del motor los valores oscilan entre 3% de volumen y 7% de volumen y disminuyen hasta 0,19% de volumen en el máximo tiempo de inyección de 44 ms de metanol.



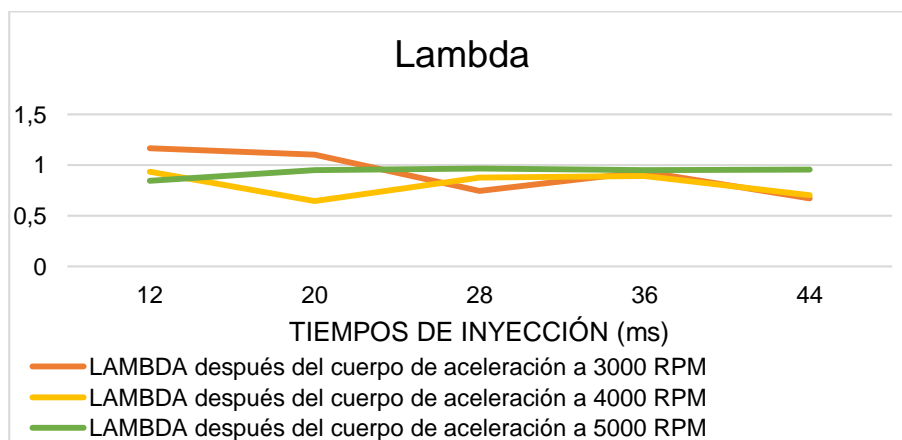
**Figura 91.** Oxígeno con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Óxidos nitrosos de 860 ppm de volumen se presenta en una inyección de 28 ms de metanol a 4000 r.p.m. y la cantidad mínima de 11 ppm de volumen en 36 ms de inyección de metanol y 3000 r.p.m.



**Figura 92.** Óxidos nitrosos con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración

La relación Lambda indica mezclas pobres para 3000 r.p.m. a partir de 28 ms de inyección de metanol y para 4000 r.p.m. y 5000 r.p.m. en todos los tiempos de inyección, existe mezcla pobre en el sistema en la inyección de 12 ms y 20 ms de inyección de metanol en 3000 r.p.m.



**Figura 93.** Lambda con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración

### e. Inyección de etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración

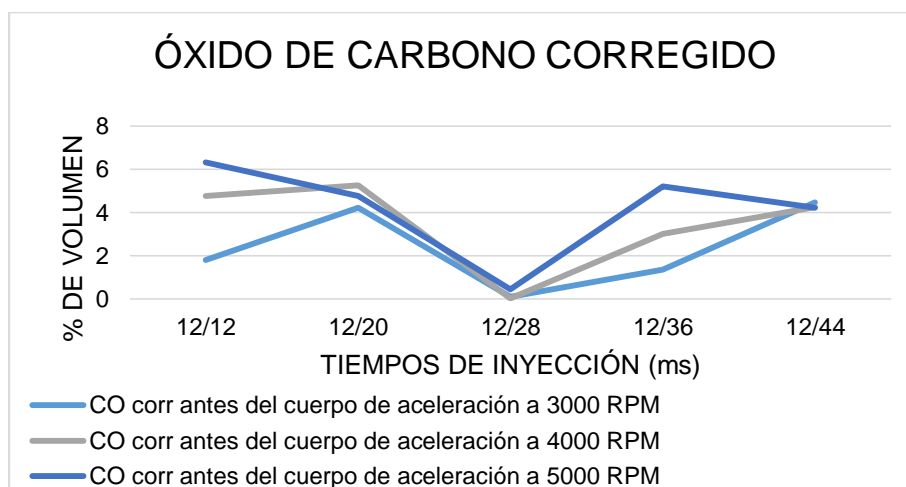
**Tabla 43**

*Inyección de 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Tiempos de inyección (ms) Etanol/Metanol	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol
3000	12/12	1,8	1,455	1,35	9,9	300	8,52	63
	12/20	4,22	1,09	3,88	9,9	466	3,51	106
	12/28	0,1	1,763	0,02	3	265	17,2	11
	12/36	1,36	1,224	1,2	12	425	5,4	25
	12/44	4,48	0,848	4,58	11,9	1130	0,26	14
4000	12/12	4,78	1,044	4,26	9,1	513	4,11	153
	12/20	5,27	1,054	4,44	8,2	1040	4,86	145
	12/28	0,02	2,253	0,01	7,6	275	4,1	23
	12/36	3,01	1,004	2,99	11,9	863	2,76	17
	12/44	4,25	0,854	4,25	12	1115	0,21	12
5000	12/12	6,34	0,978	6	8,2	538	4,06	94
	12/20	4,78	1,072	4,02	8,6	1442	5,26	178
	12/28	0,44	1,571	0,32	10,6	301	9,48	32
	12/36	5,23	0,835	5,23	11,3	1212	0,44	17
	12/44	4,24	0,853	4,24	12,1	1137	0,17	11

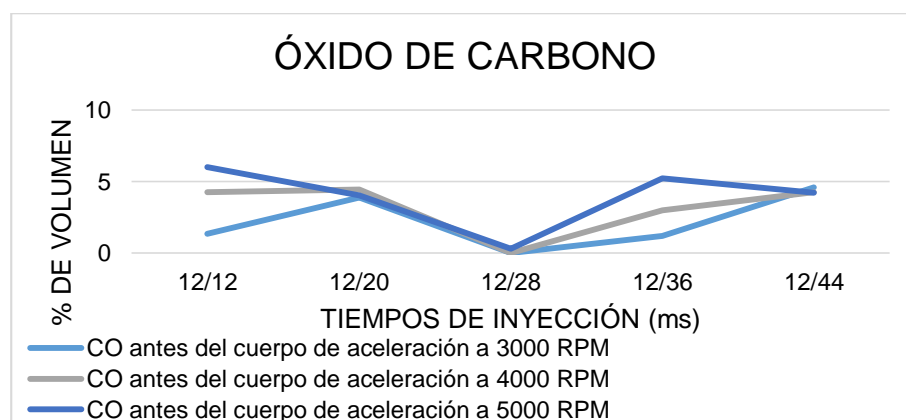
La combinación de 12/28 ms de inyección de etanol/metanol en todas las condiciones de régimen de giro producen la menor cantidad de Óxido de carbono

corregido que están por debajo de 0,44% de volumen, el valor máximo es de 6,34% de volumen en 12/12 ms de inyección de etanol/metanol a 5000 r.p.m.



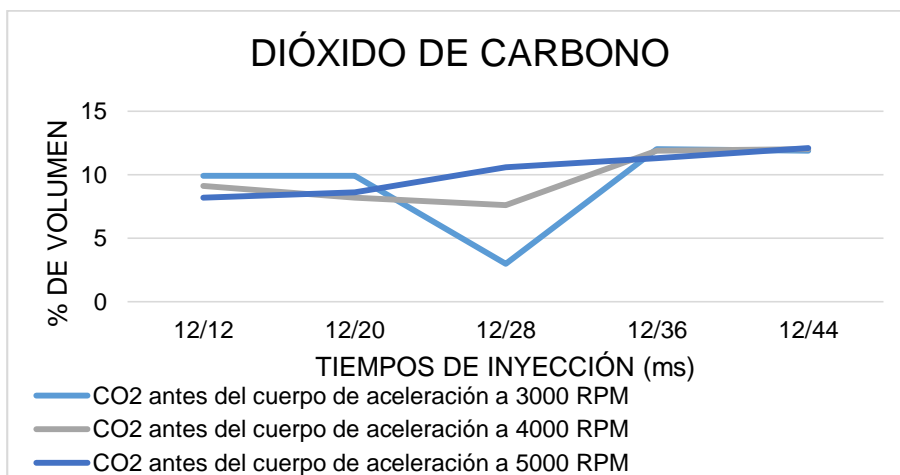
**Figura 94.** CO corr a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Óxido de carbono es de 6% de volumen en 12/12 ms de inyección de etanol/metanol a 5000 r.p.m., la combinación de 12/28 ms de inyección de etanol/metanol en todas las condiciones de régimen de giro producen la menor cantidad de Óxido de carbono que se encuentran por debajo de 0,32% de volumen.



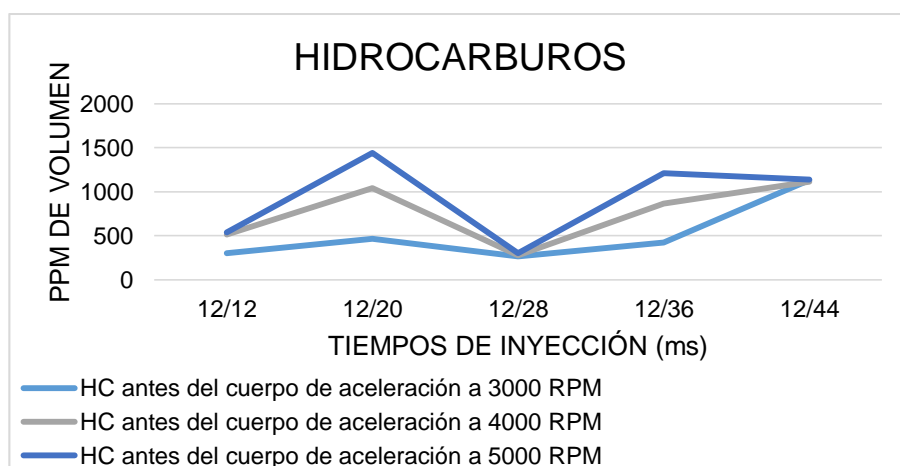
**Figura 95.** CO a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

A 12/28 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo de Dióxido de carbono es de 3% de volumen, en 5000 r.p.m. y la combinación de 12/36 ms de etanol/metanol la mayor cantidad de Dióxido de carbono es de 11.3% de volumen.



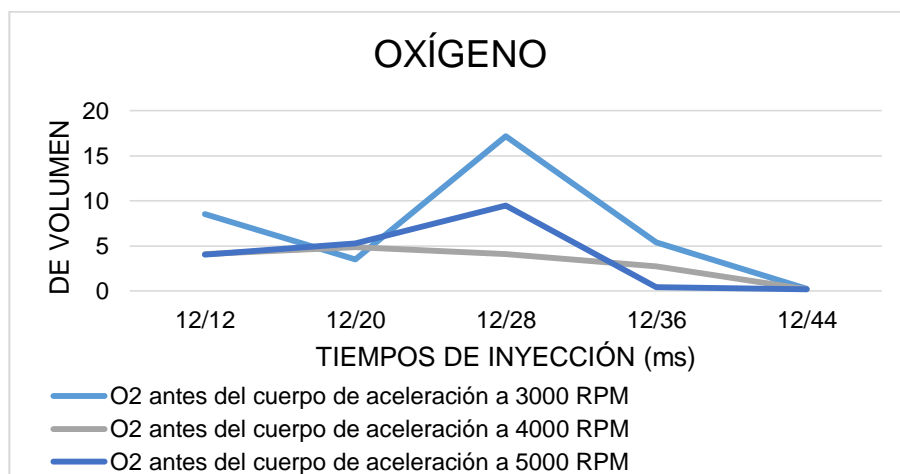
**Figura 96.** CO2 a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

En 5000 r.p.m. y la combinación de 12/20 ms de etanol/metanol el valor máximo de Hidrocarburos es de 1442 ppm de volumen, a 12/28 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo de Hidrocarburos es de 265 ppm de volumen.



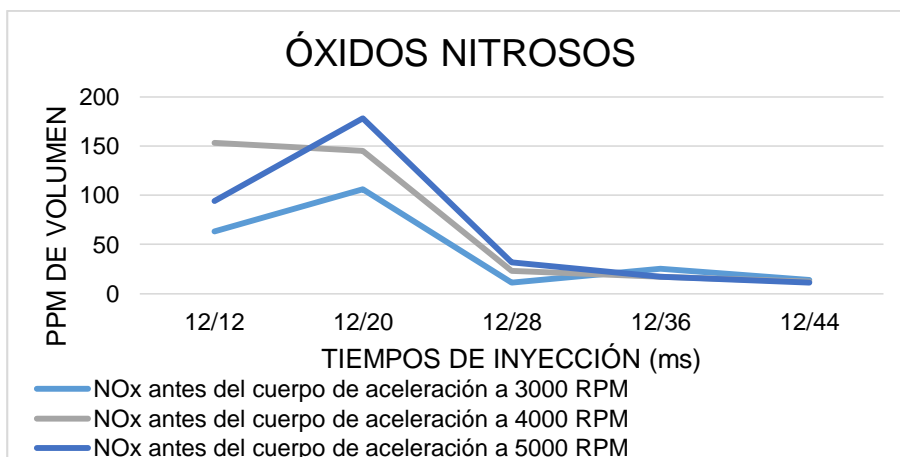
**Figura 97.** HC a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

El Oxígeno a 12/28 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor máximo es de 17,2% de volumen y el valor mínimo para todas las condiciones de régimen de giro es menor a 0,17% de volumen en la combinación de 12/44 ms de inyección de etanol/metanol.



**Figura 98.** O2 a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

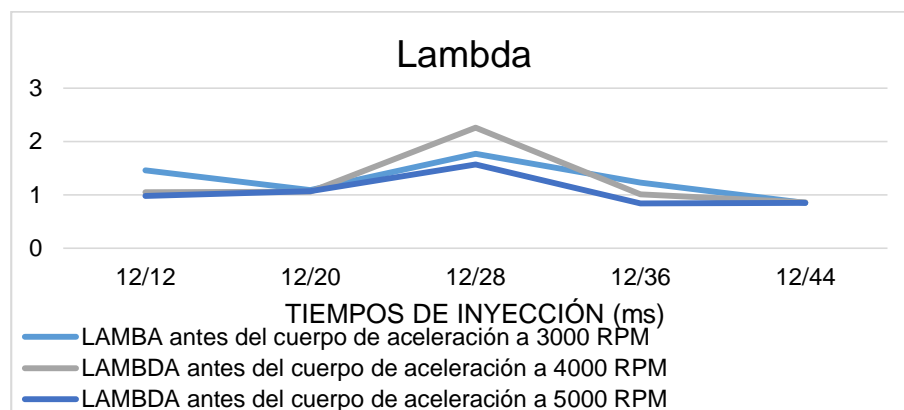
En la mayor combinación de inyección 12/44 ms de etanol/metanol la cantidad de Óxidos nitrosos están por debajo de las 15 ppm de volumen para todas las combinaciones de régimen de giro, el valor máximo de Óxidos nitrosos de 178 ppm de volumen a 12/20 ms de inyección de etanol/metanol y 5000 r.p.m.



**Figura 99.** NOx a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración



La relación Lambda indica que existe mezcla rica en el sistema para la combinación de 12/28 ms de inyección de etanol/metanol en todas las condiciones de régimen de giro, para 5000 r.p.m. y 12/36 ms de inyección de etanol/metanol el factor Lambda indica que existe una mezcla pobre en el sistema.



**Figura 100.** Lambda a 12 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

**Tabla 44**

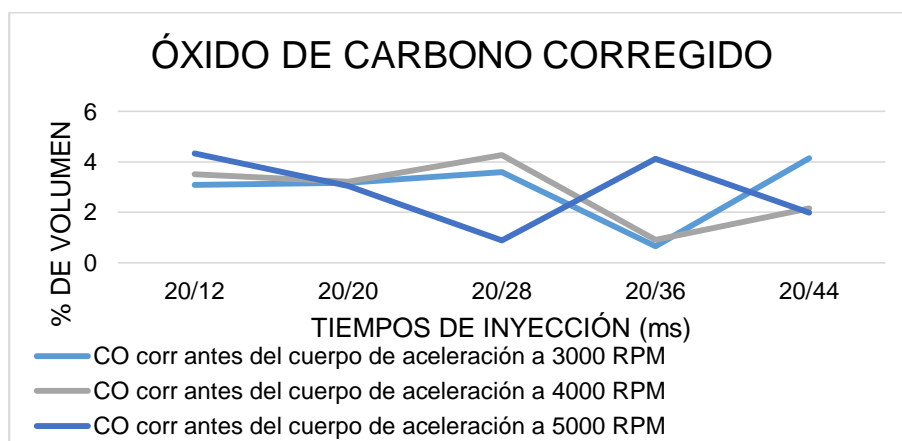
*Inyección de 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración*

ANTES DEL CUERPO DE ACELERACIÓN								
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol
	Etanol/Metanol							
3000	20/12	3,09	0,886	3,09	12,5	889	0,13	12
	20/20	3,18	0,885	3,18	12,5	868	0,14	17
	20/28	3,6	0,881	3,6	12,3	682	0,14	24
	20/36	0,66	0,993	0,66	14,3	324	0,54	21
	20/44	4,15	0,866	4,15	12,2	889	0,23	22
4000	20/12	3,51	0,875	3,51	12,2	868	0,13	16
	20/20	3,22	0,886	3,22	12,5	802	0,14	15
	20/28	4,27	0,863	4,27	11,9	705	0,14	25
	20/36	0,9	0,976	0,9	14,1	320	0,32	15
	20/44	2,15	0,92	2,15	13,3	690	0,15	15
	20/12	4,33	0,852	4,33	11,8	971	0,14	19

CONTINÚA →

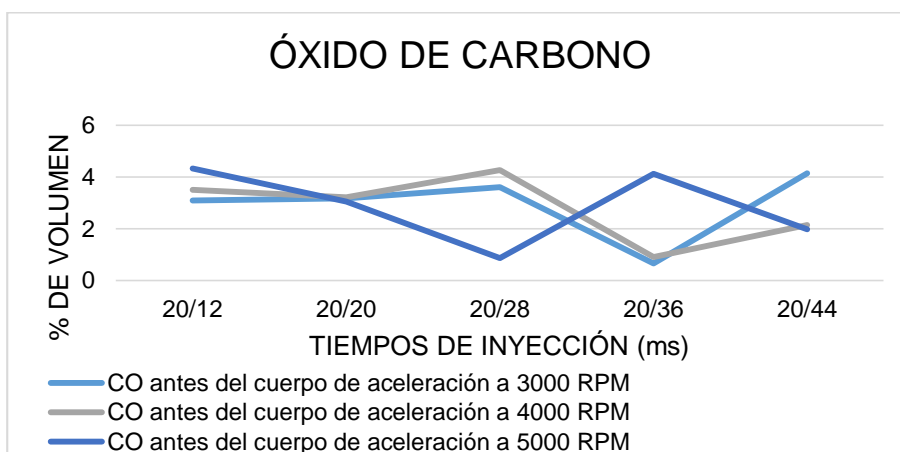
5000	20/20	3,05	0,892	3,05	12,5	740	0,14	14
	20/28	0,88	1	0,87	13,9	316	0,82	44
	20/36	4,13	0,872	4,13	12	756	0,32	21
	20/44	1,98	0,925	1,98	13,4	644	0,12	14

La combinación de 20/36 ms de inyección de etanol/metanol en 5000 r.p.m. da la menor cantidad de Óxido de carbono corregido de 0,88% de volumen, el valor máximo es de 4,27% de volumen en 20/28 ms de inyección de etanol/metanol a 4000 r.p.m.



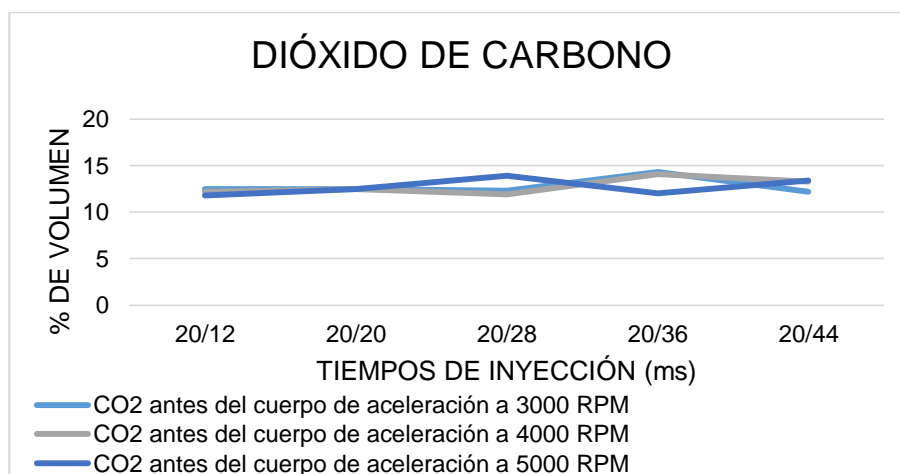
**Figura 101.** CO corr a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Óxido de carbono es de 4,27% de volumen en 20/28 ms de inyección de etanol/metanol a 4000 r.p.m., la combinación de 20/36 ms de inyección de etanol/metanol en 5000 r.p.m. da la menor cantidad de Óxido de carbono de 0,88% de volumen.



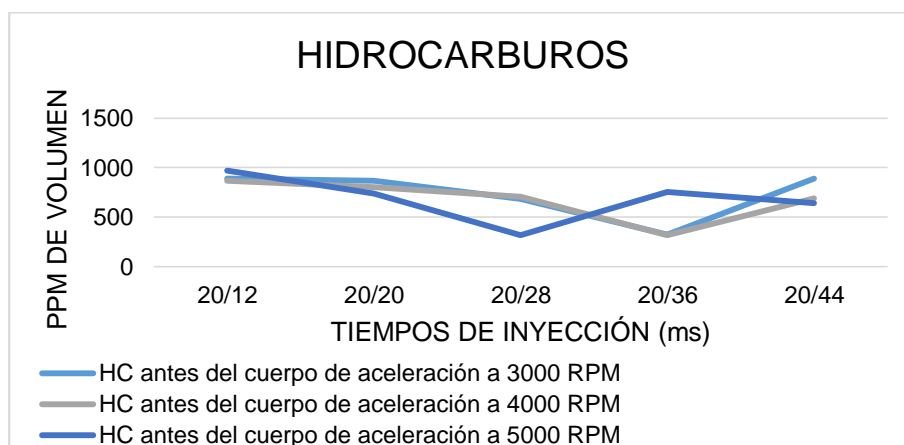
**Figura 102.** CO a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

A 20/12 m de inyección de etanol/metanol y 5000 r.p.m. el valor mínimo de Dióxido de carbono es de 11,8% de volumen, en 4000 r.p.m. y la combinación de 20/36 ms de etanol/metanol la mayor cantidad de Dióxido de carbono es de 14,1% de volumen.



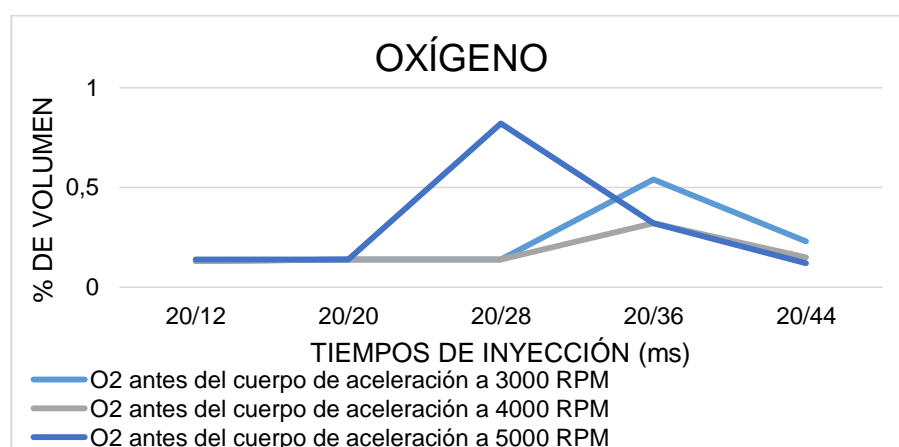
**Figura 103.** CO2 a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

En 5000 r.p.m. y la combinación de 20/12 ms de etanol/metanol el valor máximo de Hidrocarburos es de 971 ppm de volumen, a 20/28 ms de inyección de etanol/metanol y 5000 r.p.m., el valor mínimo de Hidrocarburos es de 316 ppm de volumen.



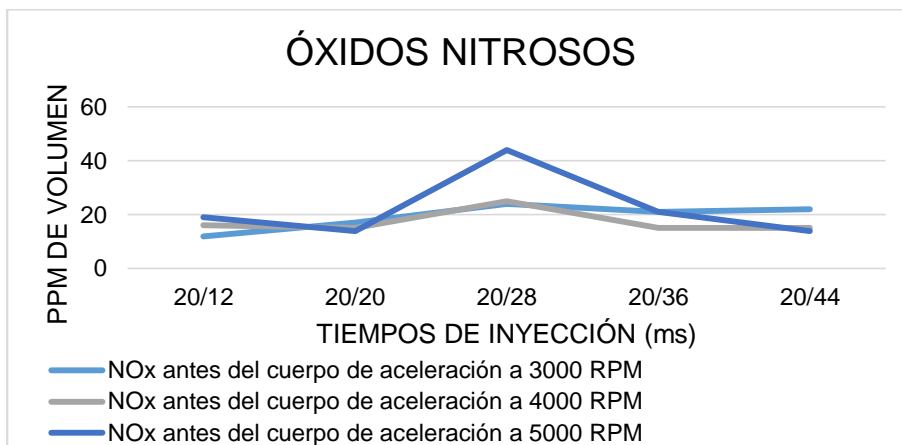
**Figura 104.** HC a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

El Oxígeno a 20/28 ms de inyección de etanol/metanol y 5000 r.p.m. el valor máximo es de 0,82% de volumen y el valor mínimo para todas las condiciones de régimen de giro es menor a 0,2% de volumen en las combinaciones desde 20/12ms a 20/20 ms de inyección de etanol/metanol.



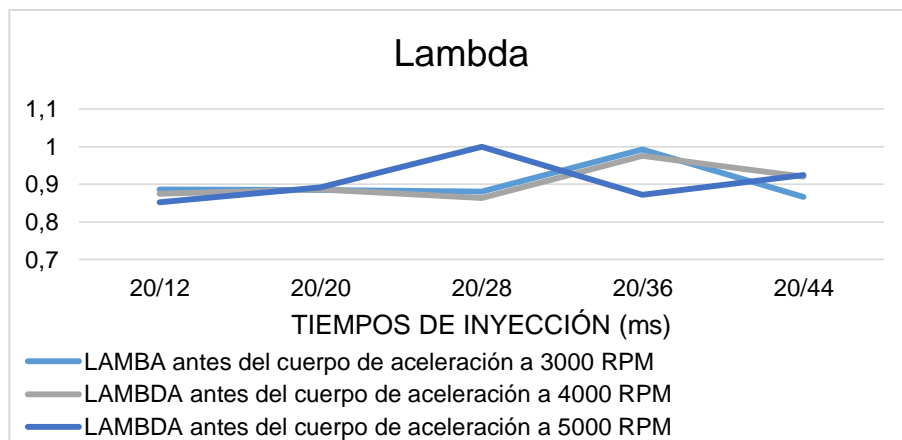
**Figura 105.** O2 a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

En la combinación de inyección 20/12 ms de etanol/metanol y 4000 r.p.m. la menor cantidad de Óxidos nitrosos es de 16 ppm de volumen, el valor máximo de Óxidos nitrosos de 44 ppm de volumen en 20/28 ms de inyección de etanol/metanol y 5000 r.p.m.



**Figura 106.** NOx a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

La relación Lambda indica que existe mezcla pobre en el sistema para todas las combinaciones de inyección de etanol/metanol y en todas las condiciones de régimen de giro.

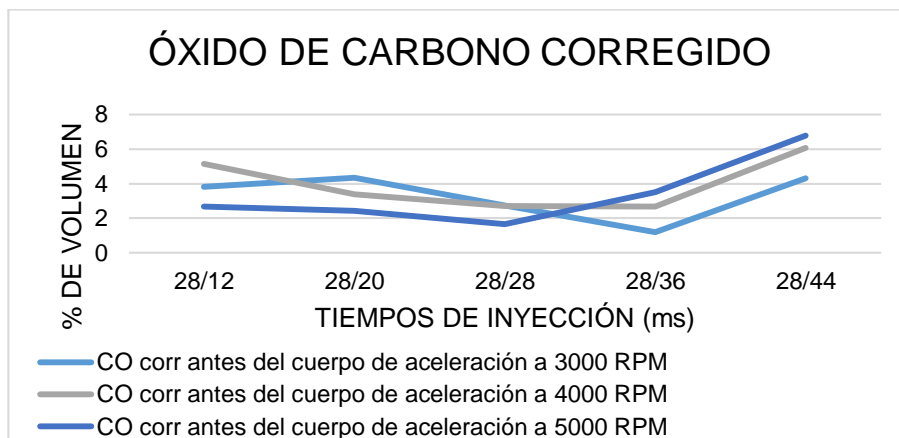


**Figura 107.** Lambda a 20 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

**Tabla 45***Inyección de 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración*

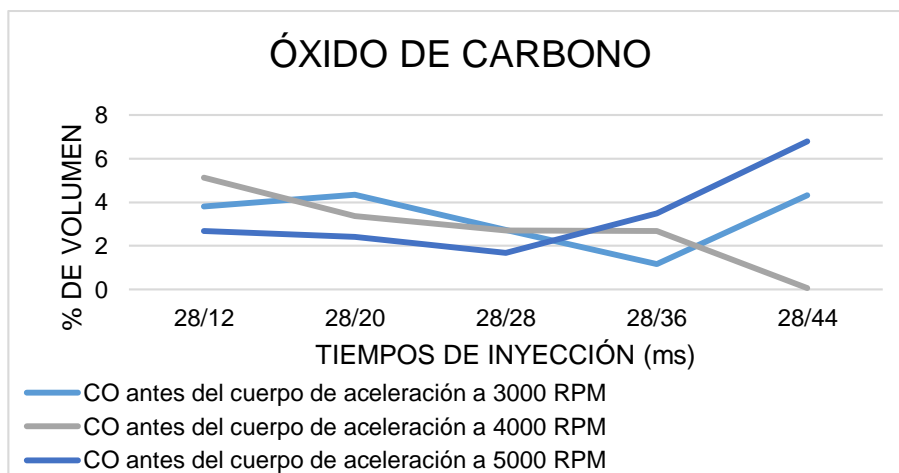
ANTES DEL CUERPO DE ACELERACIÓN								
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	COcorr % Vol	Lambda	CO %Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 %Vol	NOx ppm Vol
	Etanol/Metanol							
3000	28/12	3,82	0,871	3,82	12,4	790	0,09	12
	28/20	4,34	0,859	4,34	12,1	724	0,06	13
	28/28	2,74	0,901	2,74	13,1	674	0,05	11
	28/36	1,18	0,948	1,18	13,9	508	0,05	12
	28/44	4,31	0,855	4,31	12	820	0,05	20
4000	28/12	5,13	0,834	5,13	11,6	921	0,07	11
	28/20	3,38	0,882	3,38	12,4	709	0,06	12
	28/28	2,72	0,902	2,72	13,1	670	0,05	17
	28/36	2,69	0,903	2,69	13	646	0,05	10
	28/44	6,07	0,804	0,07	10,8	1038	0,05	17
5000	28/12	2,69	0,901	2,69	13,1	741	0,06	16
	28/20	2,42	0,911	2,42	13,2	639	0,06	14
	28/28	1,67	0,933	1,67	13,6	561	0,05	16
	28/36	3,5	0,88	3,5	12,5	693	0,05	14
	28/44	6,79	0,784	6,79	10,4	1149	0,05	19

La combinación de 28/36 ms de inyección de etanol/metanol en 3000 r.p.m. producen la menor cantidad de Óxido de carbono corregido de 1,18% de volumen, el valor máximo es de 6,79% de volumen en 28/44 ms de inyección de etanol/metanol a 5000 r.p.m.



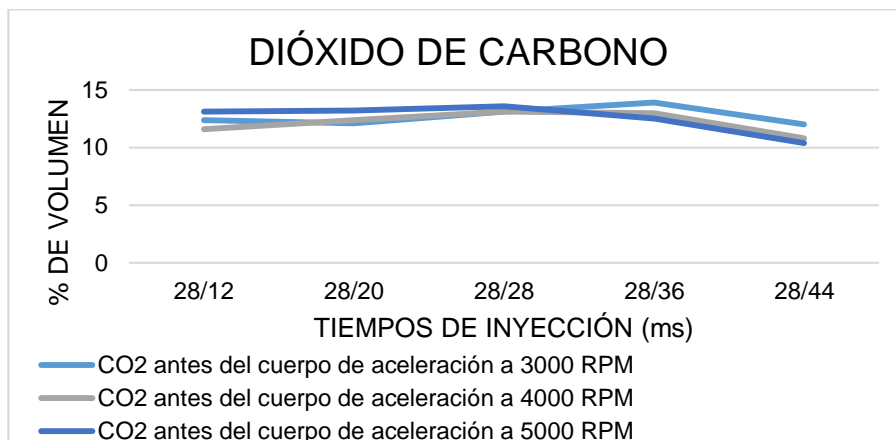
**Figura 108.** CO corr a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

En 28/44 ms de inyección de etanol/metanol a 4000 r.p.m. y 5000 r.p.m. el valor mínimo es de 0,07% de volumen y el valor máximo es de 6,79% de volumen de Óxido de carbono respectivamente.



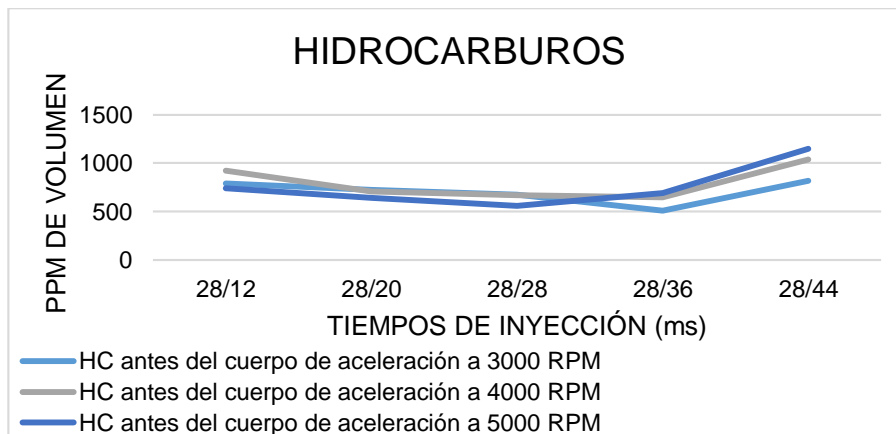
**Figura 109.** CO a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

Para todas las combinaciones de inyección de etanol/metanol y régimen de giro los valores de Dióxido de carbono varían entre 10 y 15 % de volumen.



**Figura 110.** CO2 a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

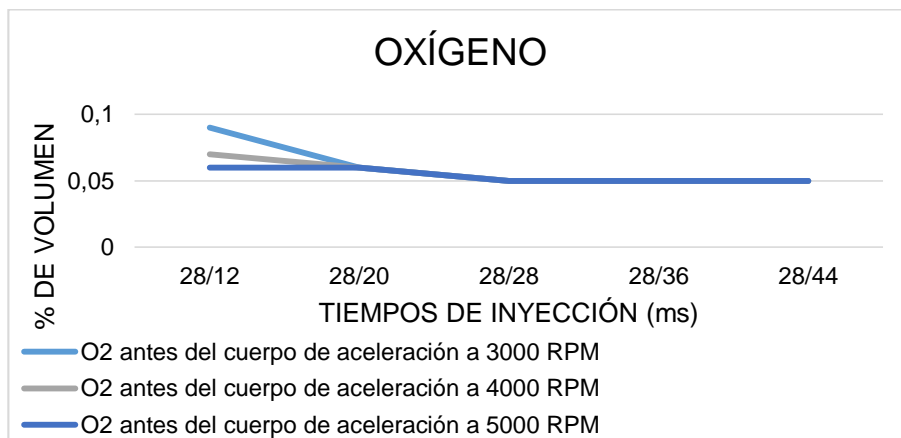
En 5000 r.p.m. y la combinación de 28/44 ms de etanol/metanol el valor máximo de Hidrocarburos es de 1149 ppm de volumen, a 28/36 ms de inyección de etanol/metanol y 4000 r.p.m. el valor mínimo de Hidrocarburos es de 646 ppm de volumen.



**Figura 111.** HC a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

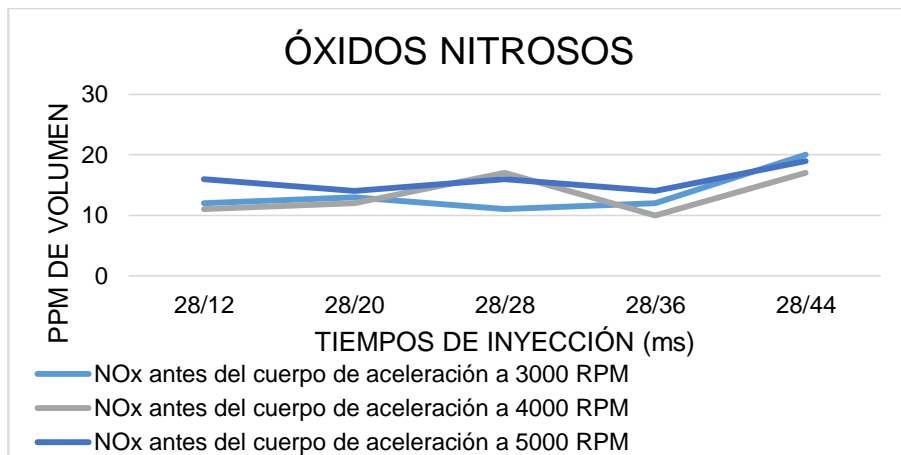
El Oxígeno a 28/12 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor máximo es de 0,09% de volumen y el valor mínimo para todas las condiciones de régimen de giro es menor a 0,05% de volumen en la combinación de 28/44 ms de inyección de etanol/metanol.





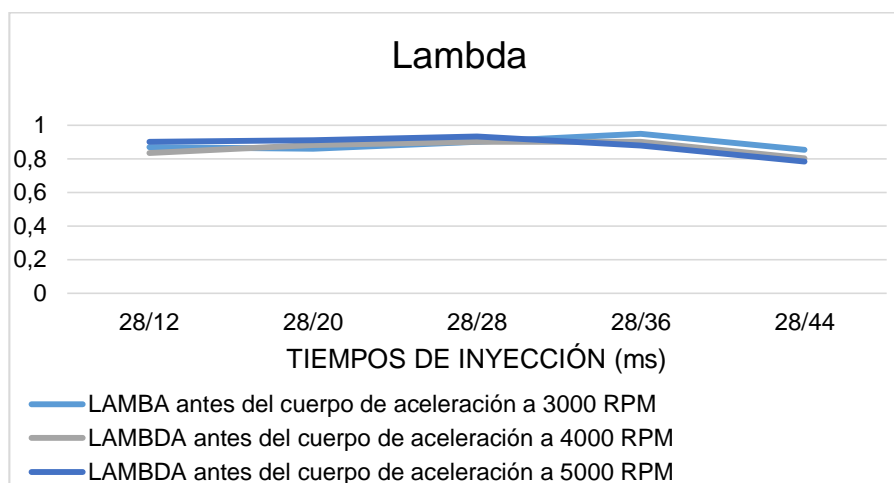
**Figura 112.** O<sub>2</sub> a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

Para la combinación de inyección 28/44 ms de etanol/metanol y 3000 r.p.m. la mayor cantidad de Óxidos nitrosos es de 20 ppm de volumen, el valor mínimo de Óxidos nitrosos de 10 ppm de volumen a 28/36 ms de inyección de etanol/metanol y 4000 r.p.m.



**Figura 113.** NO<sub>x</sub> a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

La relación Lambda se encuentra en valores menores a 1 lo cual indica que existe mezcla pobre en el sistema para todas las combinaciones de inyección y régimen de giro.



**Figura 114.** Lambda a 28 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

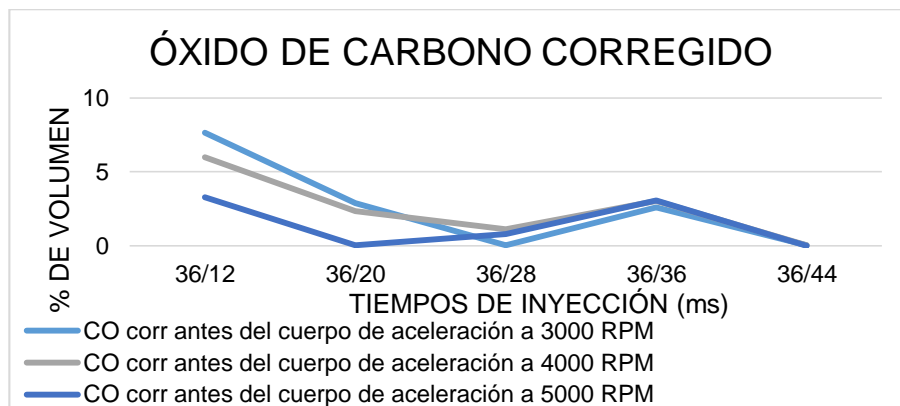
**Tabla 46**

*Inyección de 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración*

ANTES DEL CUERPO DE ACELERACIÓN								
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms) Etanol/Metanol	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol
3000	36/12	7,64	0,764	7,64	10	1193	0,05	16
	36/20	2,88	0,896	2,88	12,7	645	0,04	12
	36/28	0,03	1,095	0,03	13,2	253	2,04	53
	36/36	2,6	0,937	2,6	13	625	0,76	15
	36/44	0,03	1,005	0,03	14,3	268	0,35	34
4000	36/12	5,97	0,806	5,97	10,9	1046	0,04	16
	36/20	2,33	0,915	2,33	13	524	0,04	11
	36/28	1,13	1,051	1,07	13,1	384	2,04	44
	36/36	3,04	0,906	3,04	12,6	721	0,41	12
	36/44	0,02	1,027	0,02	14,1	260	0,78	46
5000	36/12	3,28	0,884	3,28	12,8	763	0,04	13
	36/20	0,03	1,044	0,03	13,4	273	1,11	46
	36/28	0,8	1,025	0,8	13,8	384	1,38	26
	36/36	3,08	0,9	3,08	12,5	716	0,31	71
	36/44	0,01	1,047	0,01	13,9	253	1,17	50

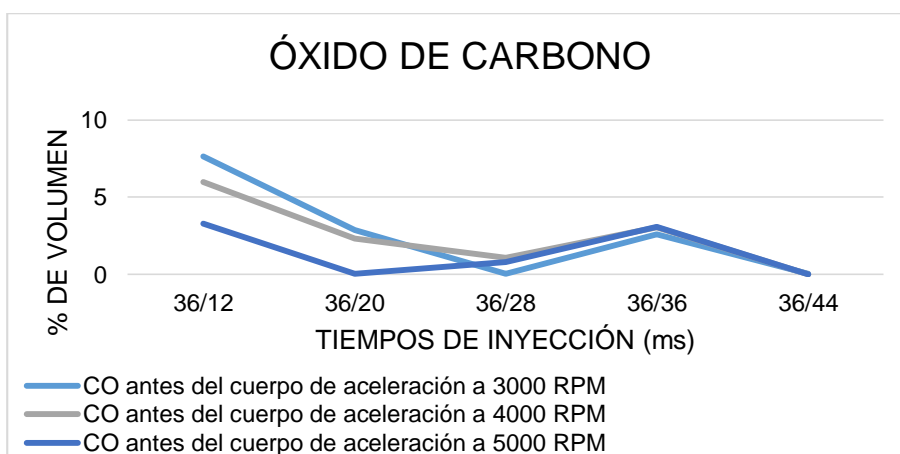
La combinación de 36/28 ms de inyección de etanol/metanol en 5000 r.p.m. producen la menor cantidad de Óxido de carbono corregido de 0,03% de volumen, el

valor máximo es de 7,64% de volumen en 36/12 ms de inyección de etanol/metanol a 3000 r.p.m.



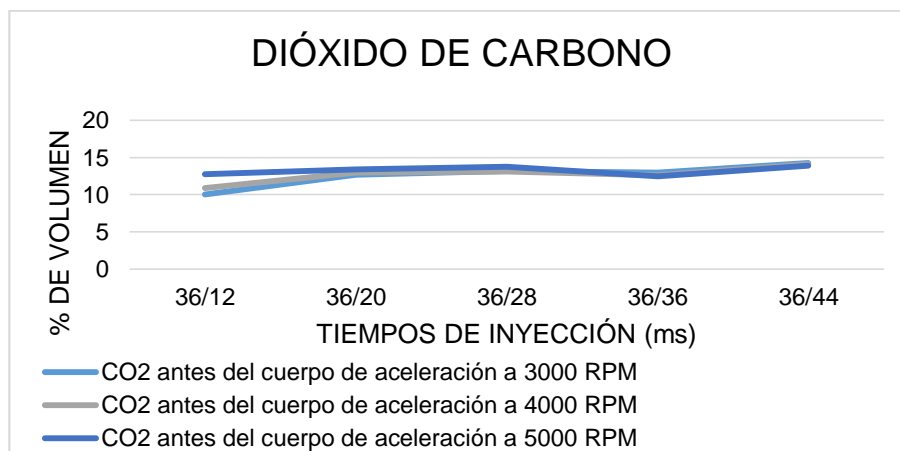
**Figura 115.** CO corr a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Óxido de carbono es de 7,64% de volumen en 36/12 ms de inyección de etanol/metanol a 3000 r.p.m., la combinación de 36/20 ms de inyección de etanol/metanol en 5000 r.p.m. producen la menor cantidad de Óxido de carbono de 0,03% de volumen.



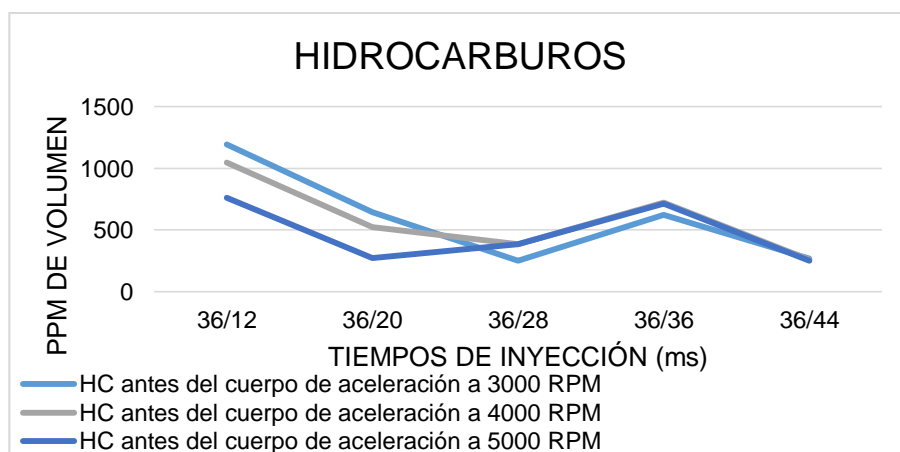
**Figura 116.** CO a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

A 36/12 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo de Dióxido de carbono es de 10% de volumen, en 5000 r.p.m. y la combinación de 36/44 ms de etanol/metanol la mayor cantidad de Dióxido de carbono es de 13,9% de volumen.



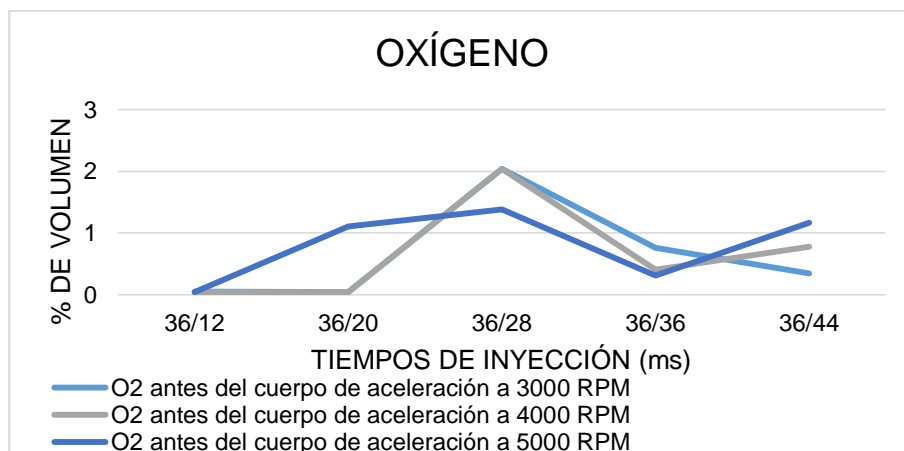
**Figura 117.** CO2 a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

En 3000 r.p.m. y la combinación de 36/12 ms de etanol/metanol el valor máximo de Hidrocarburos es de 1193 ppm de volumen, a 36/28 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo de Hidrocarburos es de 253 ppm de volumen.



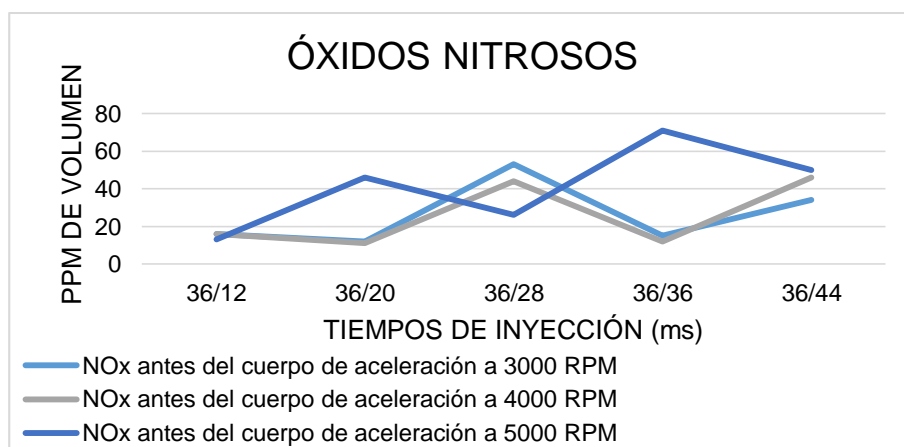
**Figura 118.** HC a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

El Oxígeno a 36/28 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor máximo es de 2,04% de volumen y el valor mínimo es de 0,04% de volumen en la combinación de 36/20 ms de inyección de etanol/metanol y 4000 r.p.m.



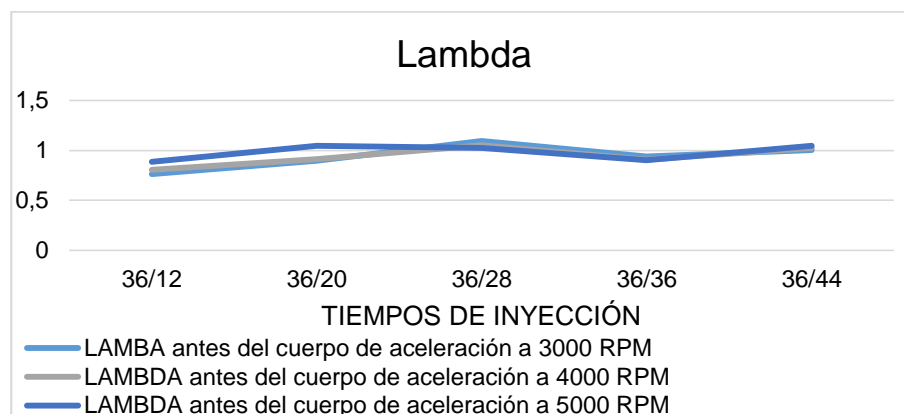
**Figura 119.** O<sub>2</sub> a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

En la combinación de inyección 36/36 ms de etanol/metanol la menor cantidad de Óxidos nitrosos es de 12 ppm de volumen a 4000 r.p.m., el valor máximo de Óxidos nitrosos de 71 ppm de volumen a 36/36 ms de inyección de etanol/metanol y 5000 r.p.m.



**Figura 120.** NO<sub>x</sub> a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

La relación Lambda indica que existe mezcla rica en el sistema en la combinación de 36/28 ms de inyección de etanol/metanol en todas las condiciones de régimen de giro, para las combinaciones 36/12 y 36/36 ms de inyección de etanol/metanol el factor Lambda indica que existe una mezcla pobre en el sistema.



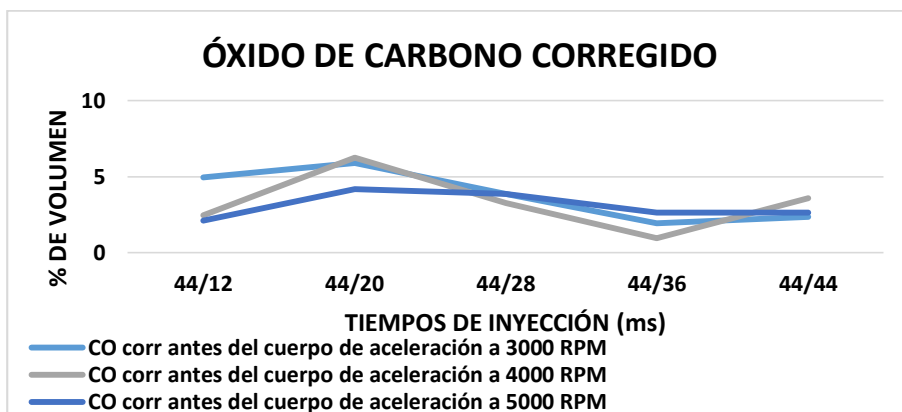
**Figura 121.** Lambda a 36 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

**Tabla 47**

*Inyección de 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración*

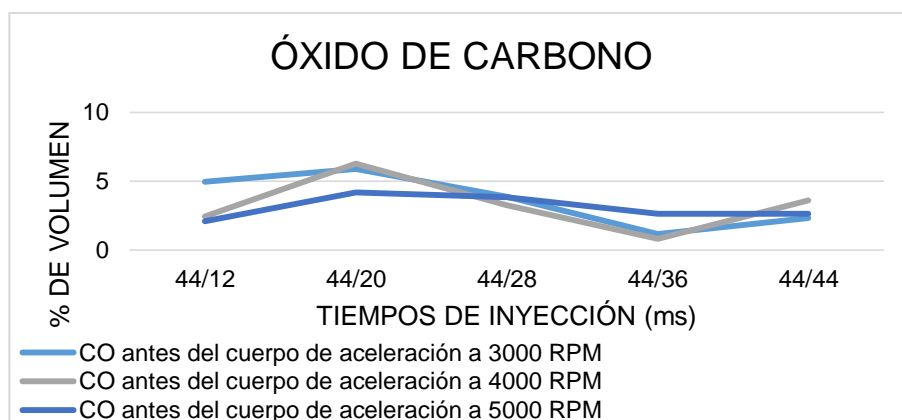
ANTES DEL CUERPO DE ACELERACIÓN								
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms) Etanol/Metanol	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol
3000	44/12	4,96	0,857	4,96	11,8	951	0,54	29
	44/20	5,9	0,814	5,9	11,6	1058	0,1	11
	44/28	3,86	0,867	3,86	12,4	844	0,06	15
	44/36	1,93	2,027	1,18	8	387	14,8	18
	44/44	2,34	0,944	2,34	13,1	579	0,72	20
4000	44/12	2,46	0,917	2,46	13,4	755	0,28	22
	44/20	6,26	0,802	6,26	10,9	1061	0,07	11
	44/28	3,25	0,885	3,25	12,7	761	0,06	13
	44/36	0,93	1,161	0,83	12,5	408	3,98	124
	44/44	3,59	0,891	3,59	12,4	715	0,39	16
6000	44/12	2,1	0,923	2,1	13,5	663	0,16	15
	44/20	4,19	0,857	4,19	12,2	907	0,06	14
	44/28	3,85	0,87	3,85	12,3	742	0,06	12
	44/36	2,64	1,005	2,64	12,4	597	2,32	72
	44/44	2,62	0,914	2,62	13,2	670	0,26	18

La combinación de 44/36 ms de inyección de etanol/metanol y 4000 r.p.m. da la menor cantidad de Óxido de carbono de 0,93% de volumen, el valor máximo es de 6,26% de volumen en 44/20 ms de inyección de etanol/metanol a 4000 r.p.m.



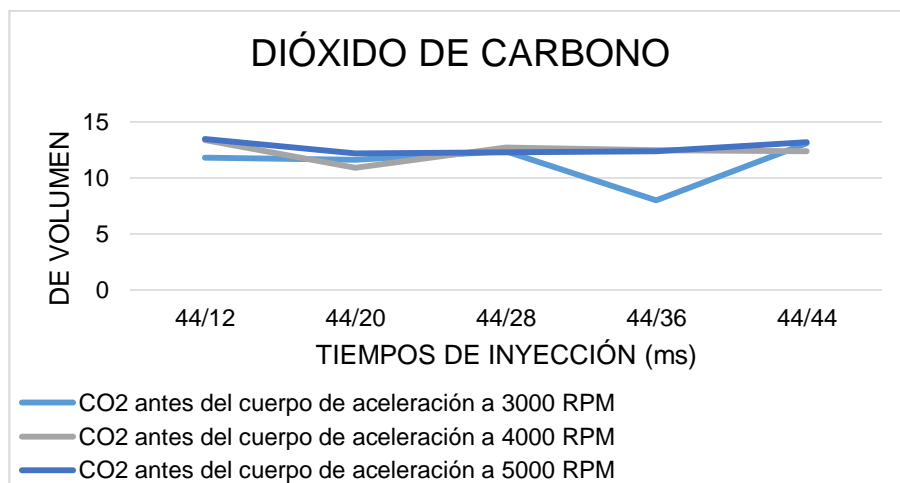
**Figura 122.** CO corr a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Óxido de carbono es de 6,26% de volumen en 44/20 ms de inyección de etanol/metanol a 4000 r.p.m., la combinación de 44/36 ms de inyección de etanol/metanol y 4000 r.p.m. da la cantidad mínima de 0,83% de volumen.



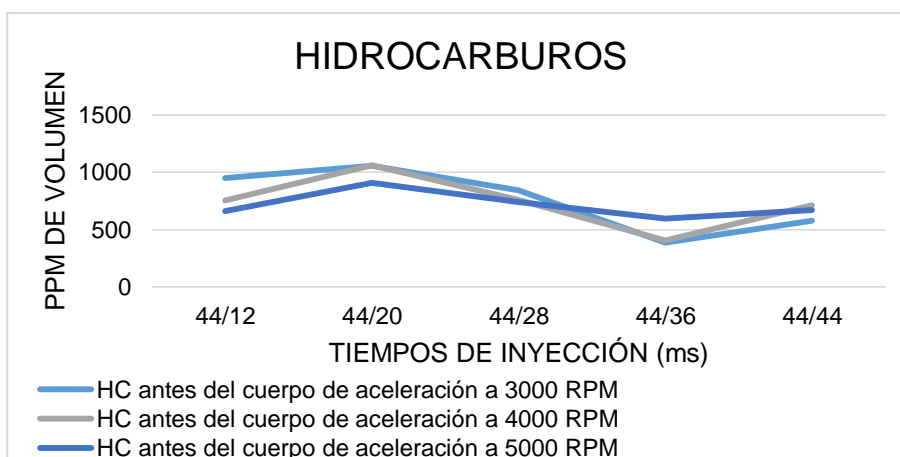
**Figura 123.** CO a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

A 44/36 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo de Dióxido de carbono es de 8% de volumen, en 5000 r.p.m. y la combinación de 44/12 ms de etanol/metanol la mayor cantidad de Dióxido de carbono es de 13,5% de volumen.



**Figura 124.** CO2 a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

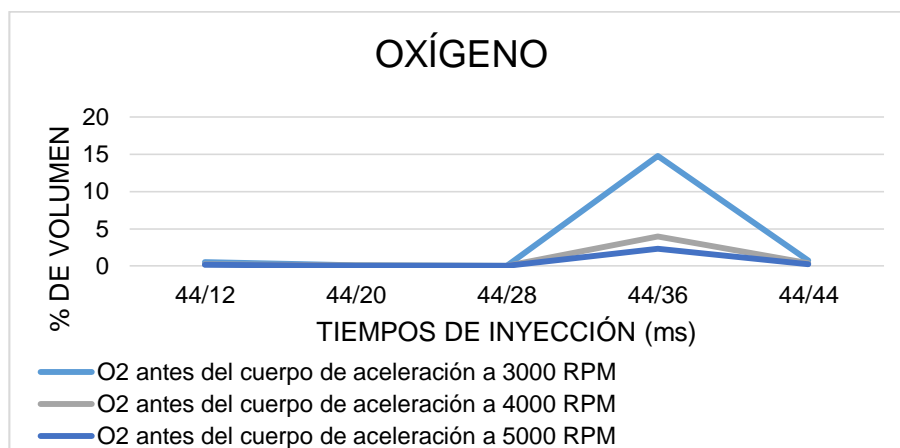
En 4000 r.p.m. y la combinación de 44/20 ms de etanol/metanol el valor máximo de Hidrocarburos es de 1061 ppm de volumen, a 44/36 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo de Hidrocarburos es de 387 ppm de volumen.



**Figura 125.** HC a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

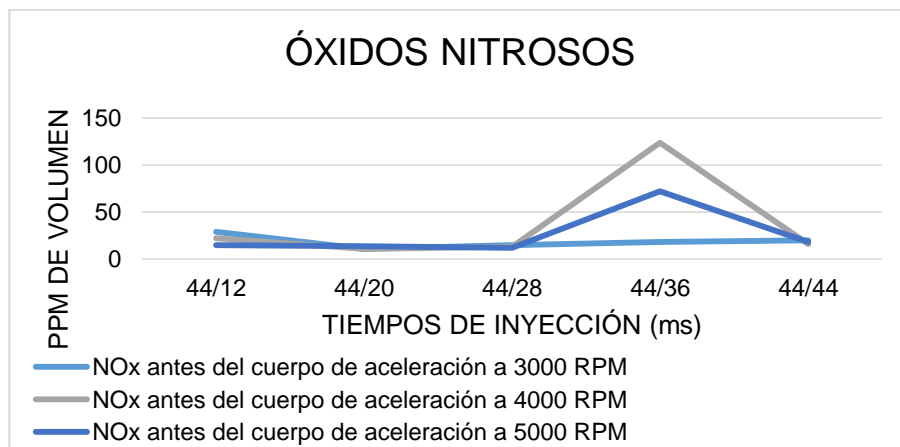


El Oxígeno a 44/36 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor máximo es de 14,8% de volumen y el valor mínimo para todas las condiciones de régimen de giro es menor a 0,2% de volumen en la combinación anteriores a 44/28 ms de inyección de etanol/metanol.



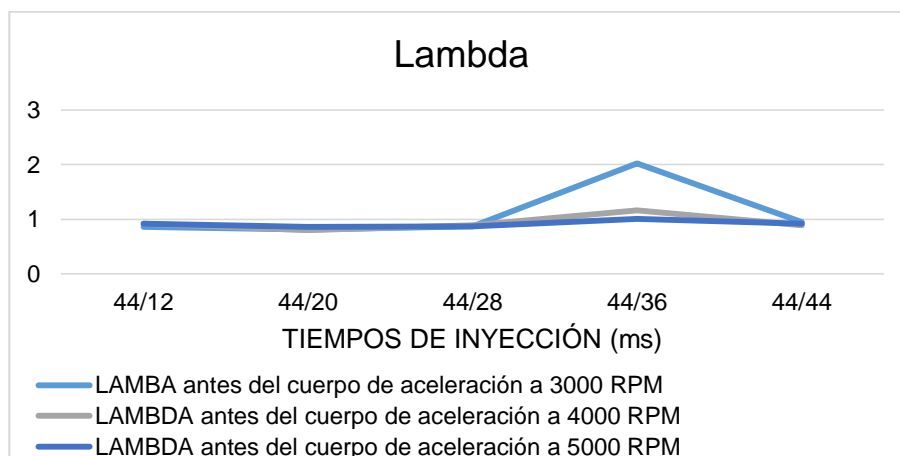
**Figura 126.** O2 a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

En la combinación de inyección 44/28 ms de etanol/metanol la cantidad de Óxidos nitrosos están por debajo de las 12 ppm de volumen y 5000 r.p.m., el valor máximo de Óxidos nitrosos de 124 ppm de volumen a 44/36 ms de inyección de etanol/metanol y 4000 r.p.m.



**Figura 127.** NOx a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

La relación Lambda indica que existe mezcla rica en el sistema para la combinación de 44/36 ms de inyección de etanol/metanol en todas las condiciones de régimen de giro, en el resto de combinaciones de inyección de etanol/metanol el factor Lambda indica que existe una mezcla pobre en el sistema.



**Figura 128.** Lambda a 44 ms etanol y variaciones de metanol antes del cuerpo de aceleración

#### f. Inyección de etanol/metanol después del cuerpo de aceleración

**Tabla 48**

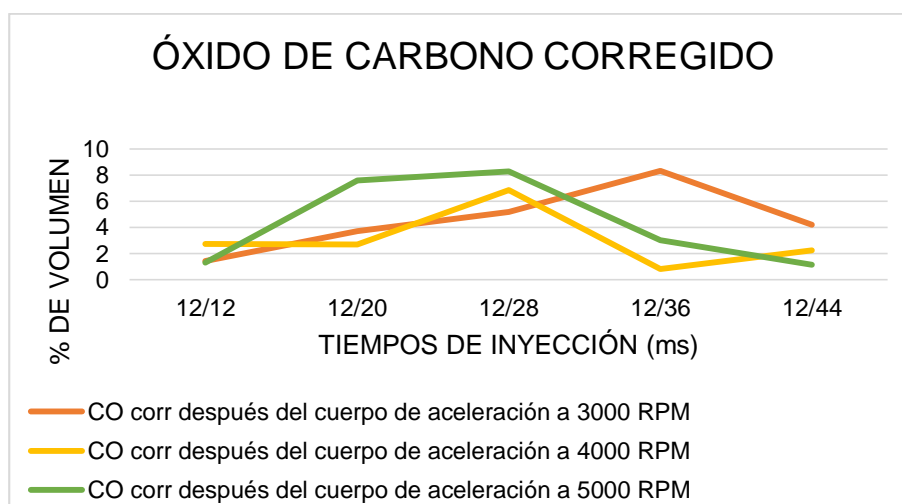
*Inyección de 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración*

DESPUÉS DEL CUERPO DE ACCELERACIÓN								
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms) Etanol/Metanol	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO <sub>2</sub> % Vol	HC ppm Vol	O <sub>2</sub> % Vol	NO <sub>x</sub> ppm Vol
3000	12/12	1,43	1,115	1,25	11,9	326	3,25	92
	12/20	3,72	1,016	3,4	10,3	426	2,89	280
	12/28	5,2	0,958	4,94	9,3	413	2,82	306
	12/36	8,32	0,939	7,35	5,9	1709	5,4	48
	12/44	4,21	0,846	4,21	12,1	1495	0,25	23
4000	12/12	2,73	1,068	2,45	11	368	3,2	141
	12/20	2,7	1,067	2,41	11	413	3,2	137
	12/28	6,86	0,911	6,83	8,1	662	3,28	200
	12/36	0,8	0,949	0,8	14,4	886	0,12	0
	12/44	2,26	0,9	2,26	13,2	1306	0,25	22

CONTINUÍA →

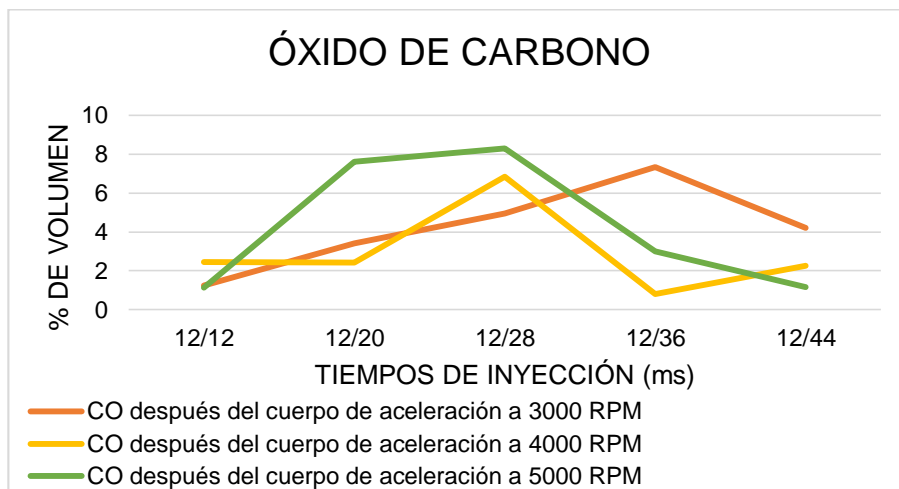
	12/12	1,29	1,106	1,14	12,1	348	3,05	106
	12/20	7,6	0,911	7,6	7,7	441	3,65	12
5000	12/28	8,3	0,873	8,3	7,3	709	3,52	52
	12/36	3	0,814	3	12,6	1317	0,11	15
	12/44	1,15	0,937	1,15	14,1	1090	0,24	21

La combinación de 12/36 ms de inyección de etanol/metanol y 4000 r.p.m. da la menor cantidad de Óxido de carbono de 0,8% de volumen, el valor máximo es de 8,3% de volumen a 12/36 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m.



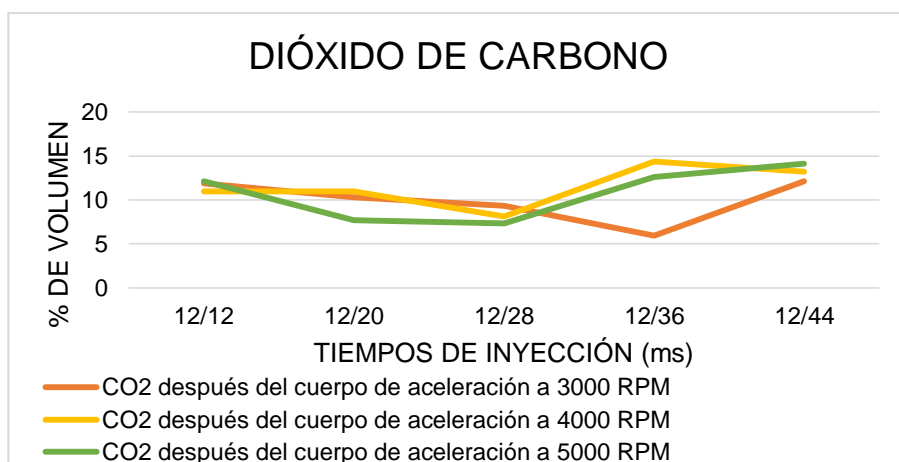
**Figura 129.** CO corr a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Óxido de carbono es de 8,3% de volumen en 12/28 ms de inyección de etanol/metanol a 5000 r.p.m., la combinación de 12/36 ms de inyección de etanol/metanol y 4000 r.p.m. da la menor cantidad de Óxido de carbono que se encuentran por debajo de 0,8% de volumen.



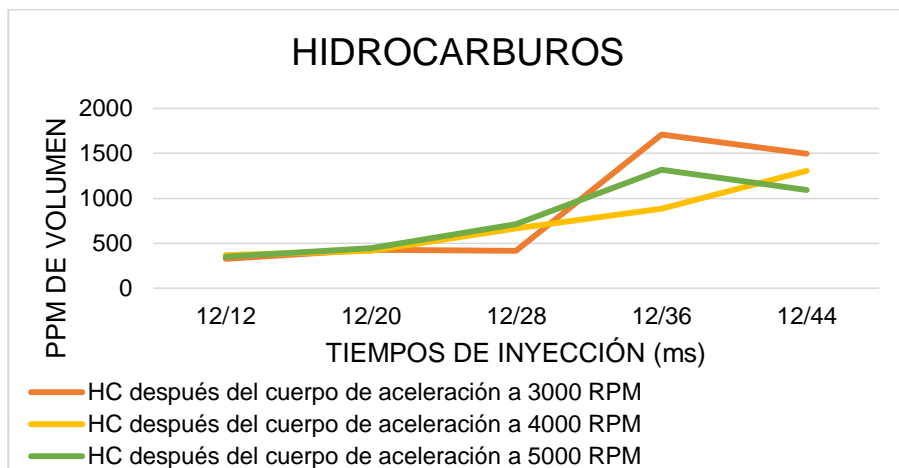
**Figura 130.** CO a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

A 12/36 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo de Dióxido de carbono es de 5,9% de volumen, en 4000 r.p.m. y la combinación de 12/36 ms de etanol/metanol la mayor cantidad de Dióxido de carbono es de 14,4% de volumen.



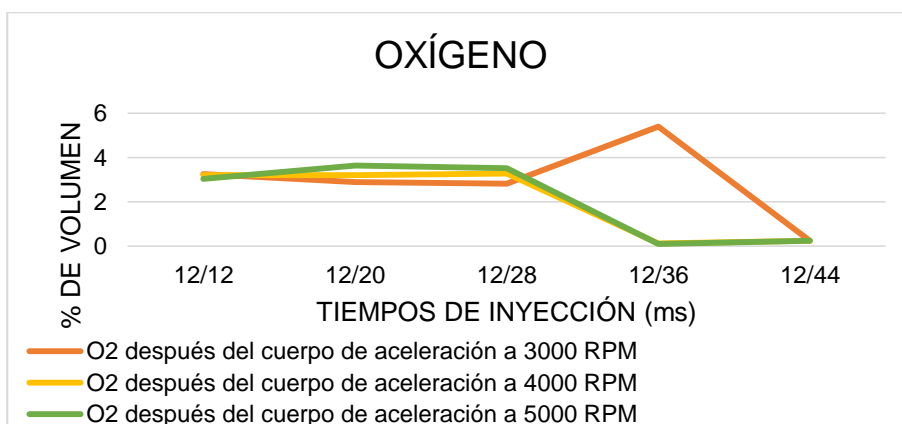
**Figura 131.** CO2 a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

En 3000 r.p.m. y la combinación de 12/36 ms de etanol/metanol el valor máximo de Hidrocarburos es de 1709 ppm de volumen, a 12/28 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo de Hidrocarburos es de 413 ppm de volumen.



**Figura 132.** HC a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

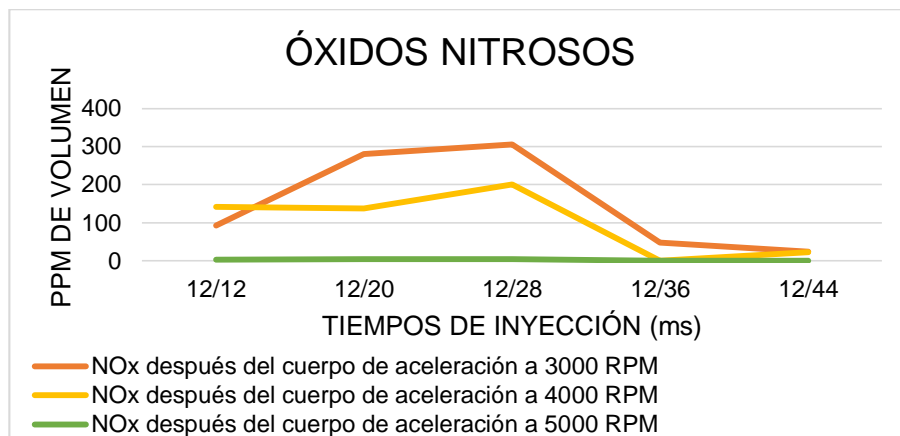
El Oxígeno a 12/36 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor máximo es de 5,4% de volumen y el valor mínimo para todas las condiciones de régimen de giro es menor a 0,3% de volumen en la combinación de 12/44 ms de inyección de etanol/metanol.



**Figura 133.** O2 a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

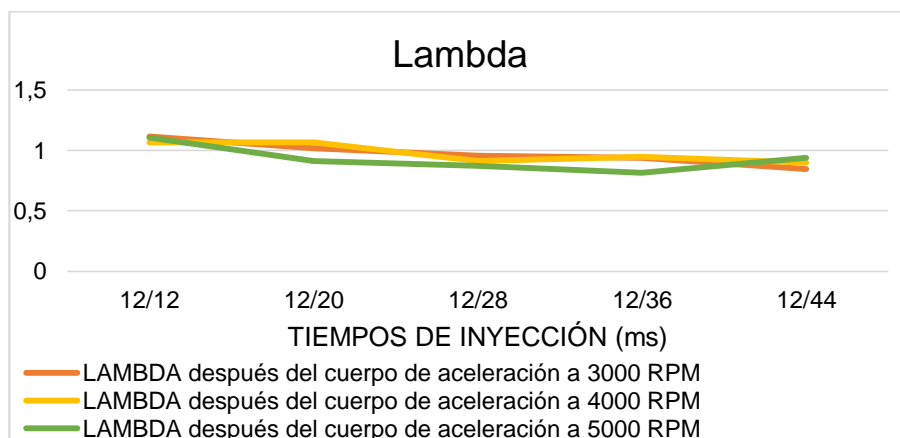
En todas las combinaciones de inyección de etanol/metanol la cantidad de Óxidos nitrosos están por debajo de las 4 ppm de volumen para 5000 r.p.m., el valor máximo de

Óxidos nitrosos de 306 ppm de volumen a 12/28 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m.



**Figura 134.** NOx a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

La relación Lambda indica que existe mezcla rica en el sistema para la combinación de 12/12 ms de inyección de etanol/metanol, en todas las condiciones de régimen de giro, y en las combinaciones posteriores a 12/28 ms de inyección de etanol/metanol el factor Lambda indica que existe una mezcla pobre en el sistema en todas las combinaciones de régimen de giro del motor.



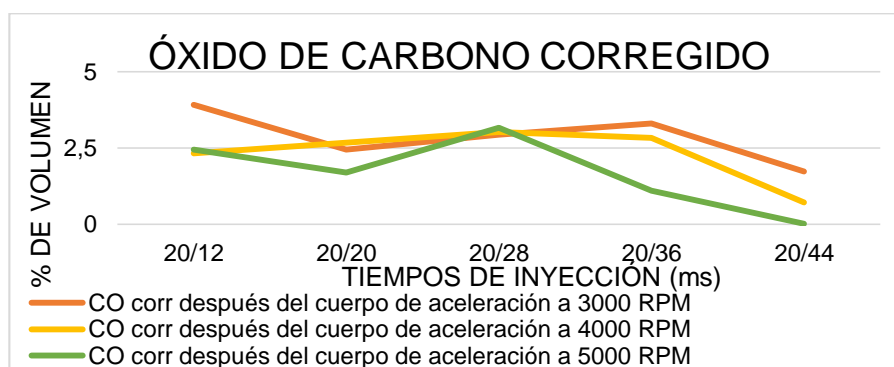
**Figura 135.** Lambda a 12 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

**Tabla 49**

*Inyección de 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración*

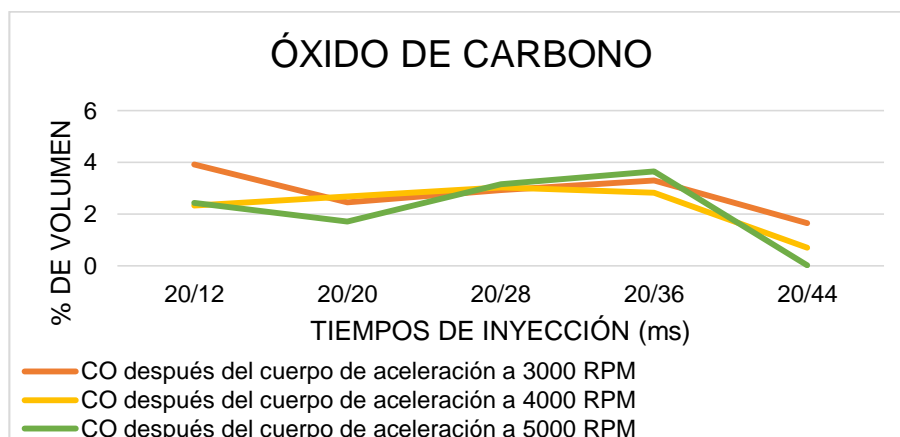
DESPUÉS DEL CUERPO DE ACELERACIÓN								
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol
	Etanol/Metanol							
3000	20/12	3,91	0,849	3,91	12,2	1573	0,22	30
	20/20	2,45	0,887	2,45	12,9	1304	0,09	13
	20/28	2,93	0,882	2,93	12,3	1408	0,38	25
	20/36	3,3	0,867	3,3	12,7	1476	0,2	20
	20/44	1,72	1,007	1,64	12,7	1285	2,29	119
4000	20/12	2,32	0,893	2,32	13,2	1455	0,22	24
	20/20	2,67	0,893	2,67	12,5	1211	0,32	47
	20/28	3,03	0,885	3,03	12,1	1422	0,54	94
	20/36	2,83	0,887	2,83	13	1191	0,18	12
	20/44	0,72	1,021	0,69	13,6	1042	1,76	179
5000	20/12	2,44	0,892	2,44	13	1231	0,12	15
	20/20	1,7	0,929	1,7	13,4	1130	0,44	43
	20/28	3,16	0,883	3,16	12,1	1441	0,59	116
	20/36	1,09	1,024	3,65	11,2	1498	1,18	22
	20/44	0,01	1,109	0,01	13	733	2,71	69

La combinación de 20/44 ms de inyección de etanol/metanol en todas las condiciones de régimen de giro producen la menor cantidad de Óxido de carbono que están por debajo de 1,8% de volumen, el valor máximo es de 3,91% de volumen en 20/12 ms de inyección de etanol/metanol a 3000 r.p.m.



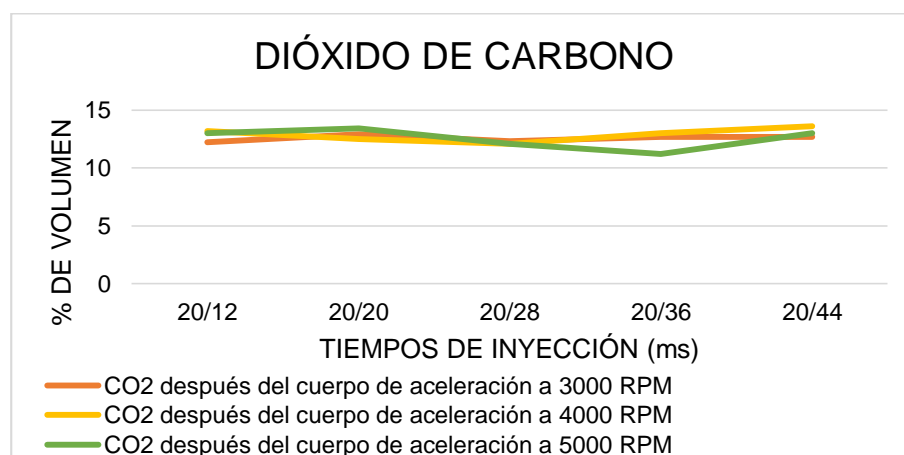
**Figura 136.** CO corr a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Óxido de carbono es de 3,91% de volumen en 20/12 ms de inyección de etanol/metanol a 3000 r.p.m., la combinación de 20/44 ms de inyección de etanol/metanol en todas las condiciones de régimen de giro producen la menor cantidad de Óxido de carbono que se encuentran por debajo de 1,7% de volumen.



**Figura 137.** CO a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

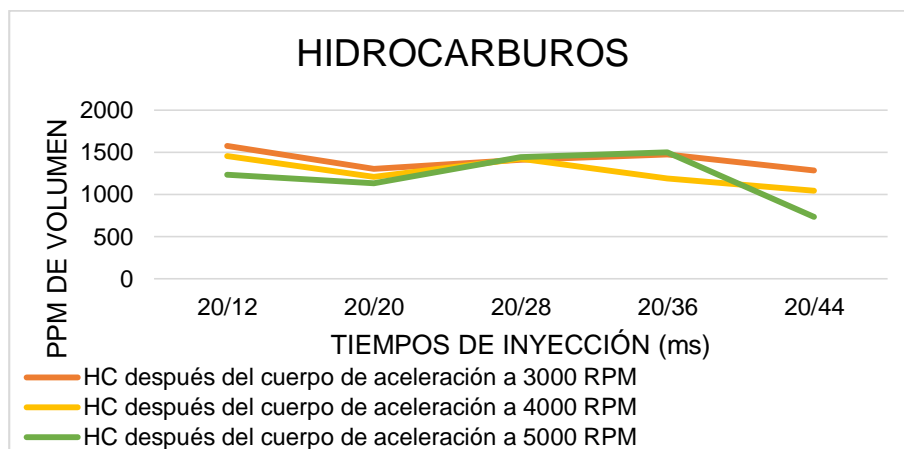
A 20/36 ms de inyección de etanol/metanol y 5000 r.p.m. el valor mínimo de Dióxido de carbono es de 11,2% de volumen, en 5000 r.p.m. y la combinación de 20/20 ms de etanol/metanol la mayor cantidad de Dióxido de carbono es de 13,4% de volumen.



**Figura 138.** CO2 a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

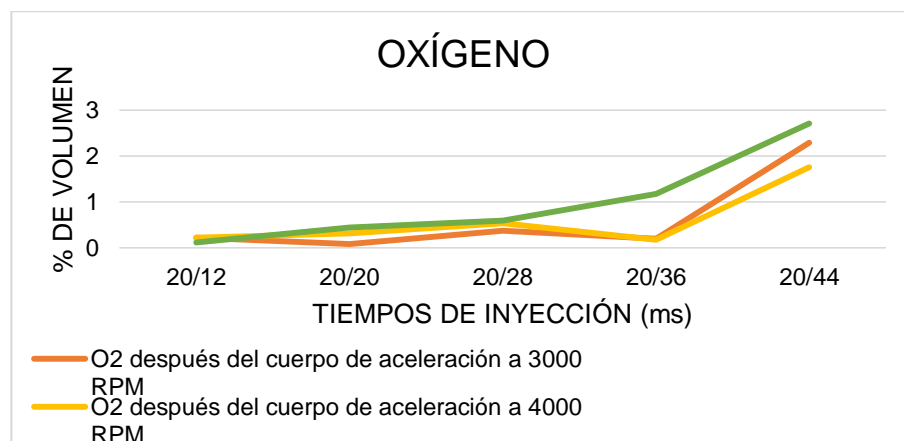


En 3000 r.p.m. y la combinación de 20/12 ms de etanol/metanol el valor máximo de Hidrocarburos es de 1573 ppm de volumen, a 20/44 ms de inyección de etanol/metanol y 5000 r.p.m. el valor mínimo de Hidrocarburos es de 733 ppm de volumen.



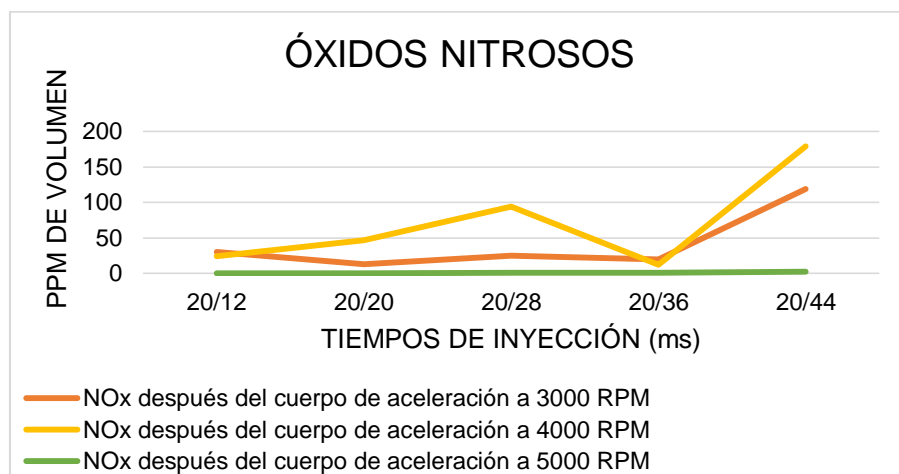
**Figura 139.** HC a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

El Oxígeno a 20/44 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor máximo es de 2,71% de volumen y el valor mínimo de 0,09% de volumen en la combinación de 20/20 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m.



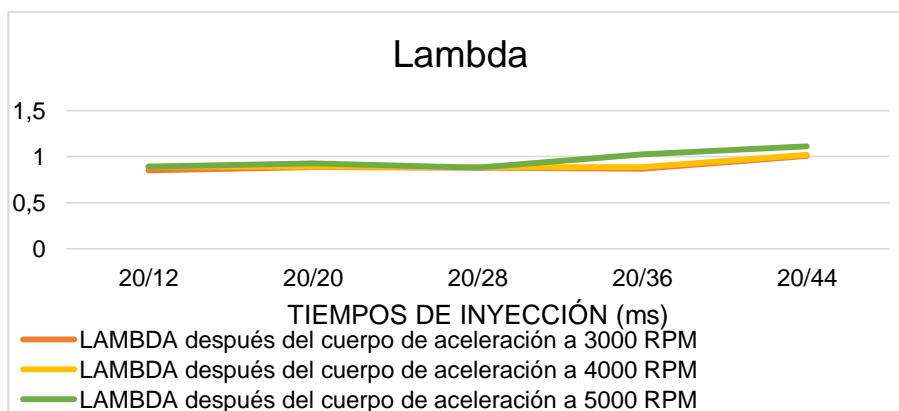
**Figura 140.** O2 a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

Para 5000 r.p.m. y en todas las combinaciones de inyección de etanol/metanol la cantidad de Óxidos nitrosos están por debajo de las 3 ppm de volumen, el valor máximo de Óxidos nitrosos de 179 ppm de volumen a 20/44 ms de inyección de etanol/metanol y 4000 r.p.m.



**Figura 141.** NOx a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

La relación Lambda indica que existe mezcla rica en el sistema para la combinación de 20/44 ms de inyección de etanol/metanol en todas las condiciones de régimen de giro, y en las combinaciones anteriores a 20/36 ms de inyección de etanol/metanol el factor Lambda indica que existe una mezcla pobre en el sistema.

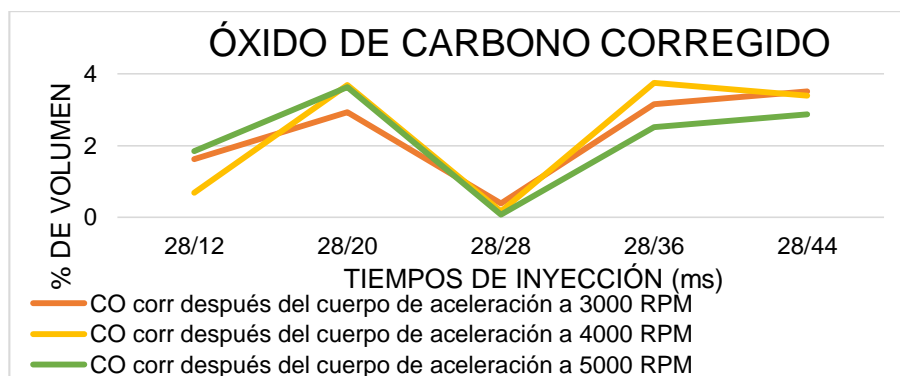


**Figura 142.** Lambda a 20 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

**Tabla 50**  
**Inyección de 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración**

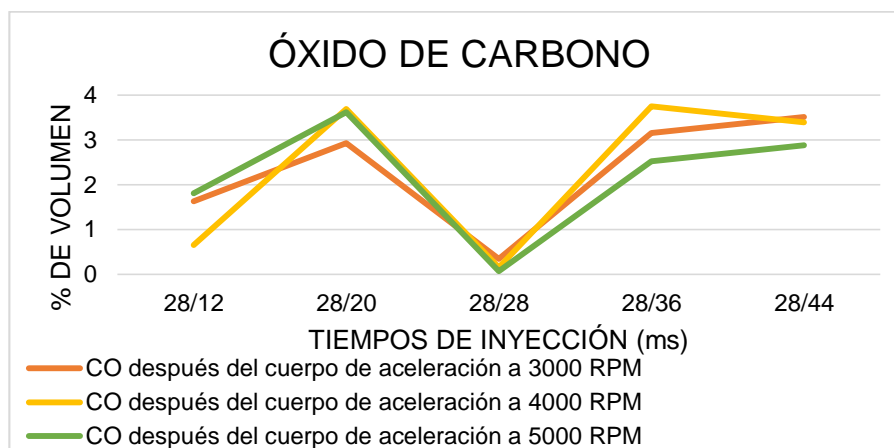
DESPUÉS DEL CUERPO DE ACELERACIÓN								
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms) Etanol/Metanol	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol
3000	28/12	1,63	0,971	1,63	13,47	1235	1,44	45
	28/20	2,93	0,914	2,93	12,7	1325	1	27
	28/28	0,38	0,998	0,35	13,4	934	0,98	40
	28/36	3,16	0,952	3,16	12	1327	2,08	41
	28/44	3,52	0,874	3,52	11,9	1383	0,54	77
4000	28/12	0,68	0,981	0,66	13,8	967	0,84	34
	28/20	3,69	0,872	3,69	12,5	1486	0,54	31
	28/28	0,17	1,048	0,15	13,1	844	1,75	49
	28/36	3,75	0,897	3,75	12,1	1399	1,29	30
	28/44	3,4	0,878	3,4	11,9	1425	0,61	101
5000	28/12	1,85	0,981	1,81	12,9	1132	1,71	46
	28/20	3,63	0,859	3,63	12,7	1678	0,29	23
	28/28	0,08	1,084	0,07	13	780	2,32	54
	28/36	2,52	0,914	2,521	12,9	1223	0,69	31
	28/44	2,88	0,897	2,88	12,1	1414	0,73	130

La combinación de 28/28 ms de inyección de etanol/metanol en todas las condiciones de régimen de giro producen la menor cantidad de Óxido de carbono corregido que están por debajo de 0,1% de volumen, el valor máximo es de 3,75% de volumen en 28/36 ms de inyección de etanol/metanol a 4000 r.p.m.



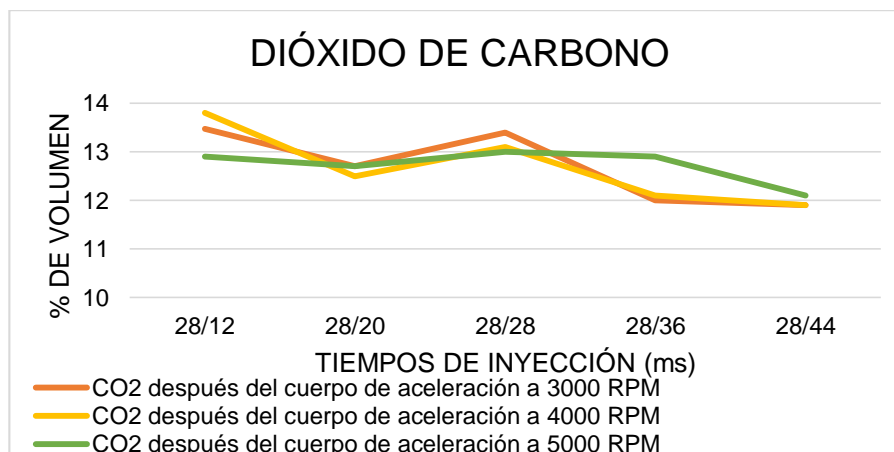
**Figura 143.** CO corr a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Óxido de carbono es de 3,75% de volumen en 28/36 ms de inyección de etanol/metanol a 4000 r.p.m., la combinación de 28/28 ms de inyección de etanol/metanol en todas las condiciones de régimen de giro producen la menor cantidad de Óxido de carbono que se encuentran por debajo de 0,1% de volumen.



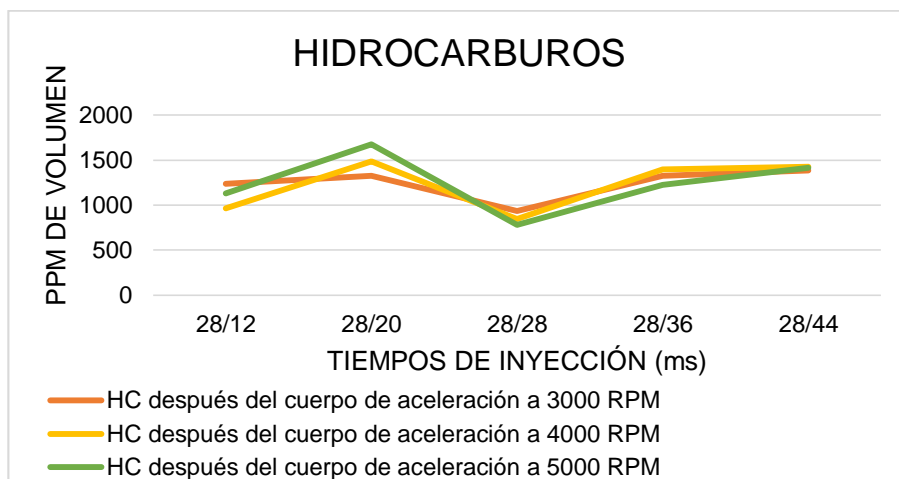
**Figura 144.** CO a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

A 28/44 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo de Dióxido de carbono es de 12% de volumen, en 4000 r.p.m. y la combinación de 28/12 ms de etanol/metanol la mayor cantidad de Dióxido de carbono es de 13,8% de volumen.



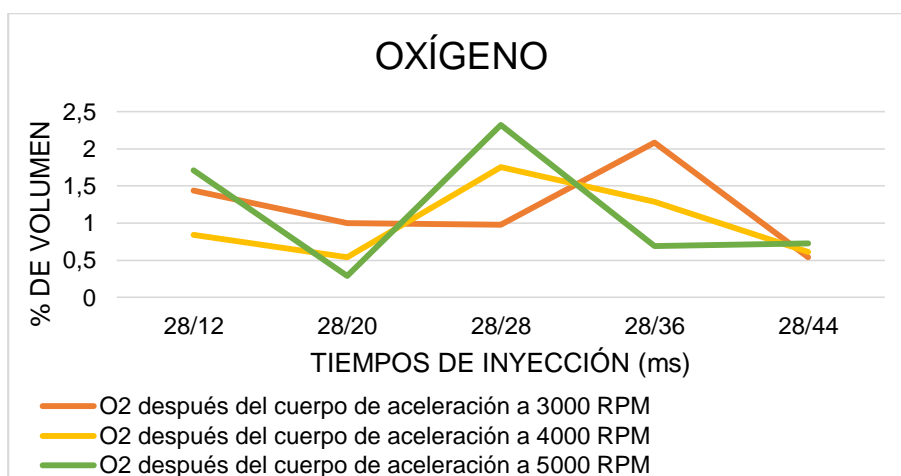
**Figura 145.** CO2 a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

En 5000 r.p.m. la combinación de 28/20 ms de etanol/metanol el valor máximo de Hidrocarburos es de 1678 ppm de volumen, a 28/28 ms de inyección de etanol/metanol el valor mínimo de Hidrocarburos es de 78 ppm de volumen.



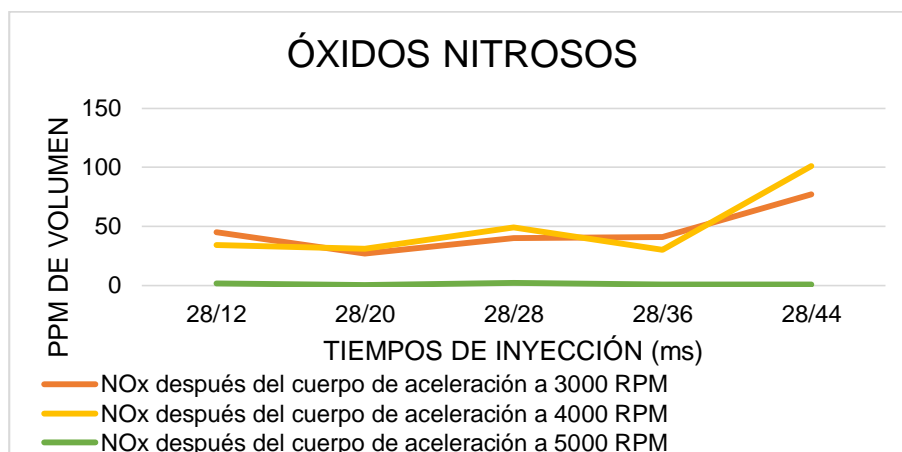
**Figura 146.** HC a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

El Oxígeno a 28/28 ms de inyección de etanol/metanol el valor máximo es de 2,32% de volumen y en la combinación 28/20 ms de etanol/metanol el valor mínimo es de 0,29% de volumen para 5000 r.p.m.



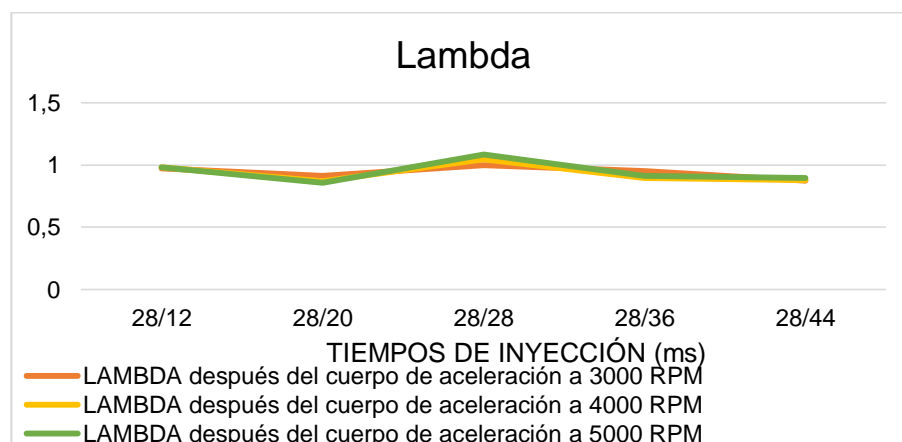
**Figura 147.** O2 a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

En la combinación de inyección 28/44 ms de etanol/metanol la mayor cantidad de Óxidos nitrosos es de 101 ppm de volumen en 4000 r.p.m., el valor mínimo de Óxidos nitrosos se encuentra por debajo de 2,5 ppm de volumen en todas las combinaciones de inyección de etanol/metanol a 5000 r.p.m.



**Figura 148.** NOx a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

La relación Lambda indica que existe mezcla rica en el sistema para la combinación de 28/28 ms de inyección de etanol/metanol en 4000 y 5000 r.p.m., para 28/20 ms de inyección de etanol/metanol y todas las condiciones de régimen de giro del motor el factor Lambda indica que existe una mezcla pobre en el sistema.



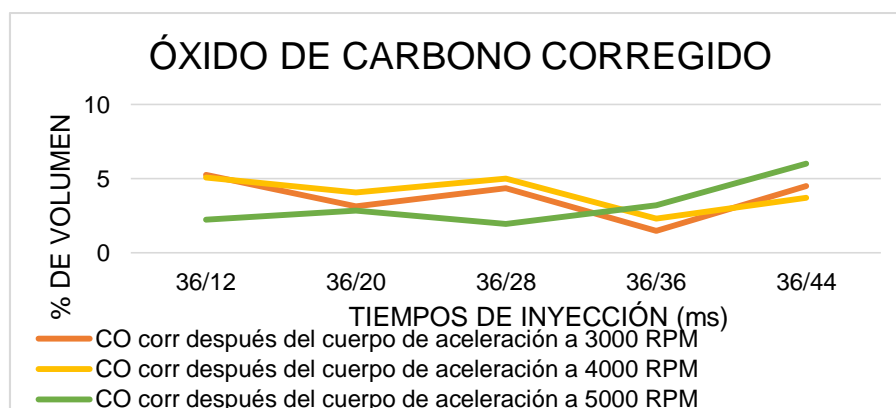
**Figura 149.** Lambda a 28 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

**Tabla 51**

*Inyección de 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración*

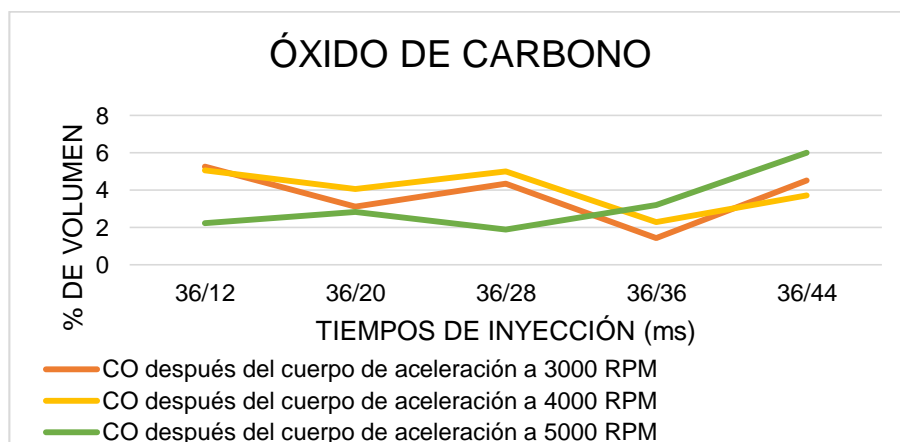
DESPUÉS DEL CUERPO DE ACELERACIÓN								
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms) Etanol/Metanol	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol
3000	36/12	5,27	0,814	5,27	11,2	1937	0,47	55
	36/20	3,13	0,889	3,13	12,3	1278	0,54	67
	36/28	4,36	0,876	4,36	11,8	1355	0,52	72
	36/36	1,5	0,974	1,44	13	981	1,19	80
	36/44	4,53	0,836	4,53	11,7	1524	0,26	44
4000	36/12	5,08	0,818	5,08	11,7	1819	0,27	41
	36/20	4,08	0,858	4,08	11,9	1384	0,45	68
	36/28	5,01	0,829	5,01	11,3	1703	0,53	51
	36/36	2,32	0,943	2,29	12,5	1107	1,16	90
	36/44	3,72	0,855	3,72	12,2	1459	0,18	33
5000	36/12	2,25	0,894	2,25	12,8	1378	0,22	42
	36/20	2,84	0,887	2,84	12,2	1244	0,35	70
	36/28	1,95	0,917	1,9	12,7	1246	0,46	48
	36/36	3,2	0,907	3,2	12,5	1189	0,9	84
	36/44	6,02	0,788	6,02	10,9	1790	0,11	37

La combinación de 36/36 ms de inyección de etanol/metanol en 3000 r.p.m. da la menor cantidad de Óxido de carbono corregido de 1,5% de volumen, el valor máximo es de 6,02% de volumen en 36/44 ms de inyección de etanol/metanol a 5000 r.p.m.



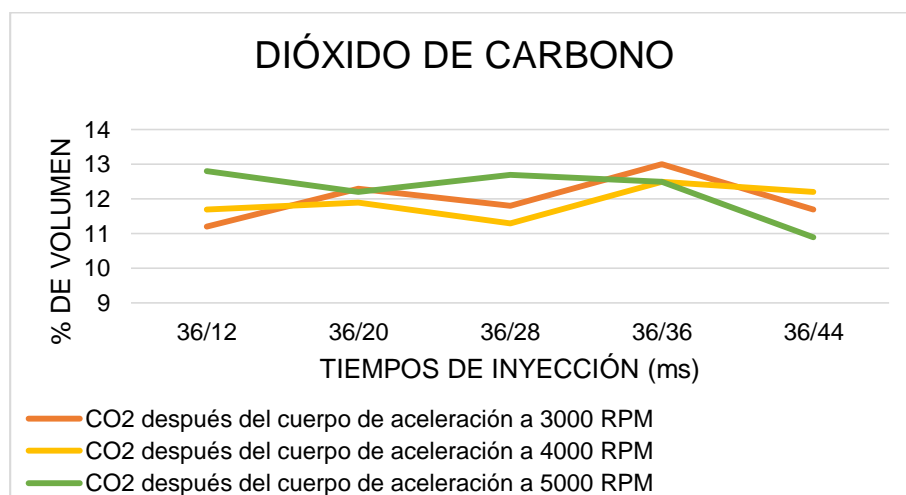
**Figura 150.** CO corr a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Óxido de carbono es de 6,02% de volumen en 36/44 ms de inyección de etanol/metanol a 5000 r.p.m., la combinación de 36/36 ms de inyección de etanol/metanol en 3000 r.p.m. da la menor cantidad de Óxido de carbono de 1,44% de volumen.



**Figura 151.** CO a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

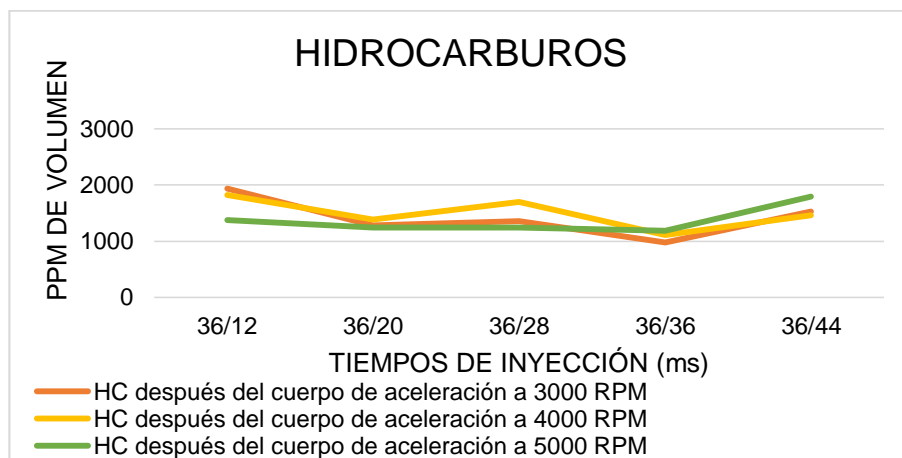
A 36/44 ms de inyección de etanol/metanol y 5000 r.p.m. el valor mínimo de Dióxido de carbono es de 10,9% de volumen, en 3000 r.p.m. y la combinación de 36/36 ms de etanol/metanol la mayor cantidad de Dióxido de carbono es de 13% de volumen.



**Figura 152.** CO2 a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

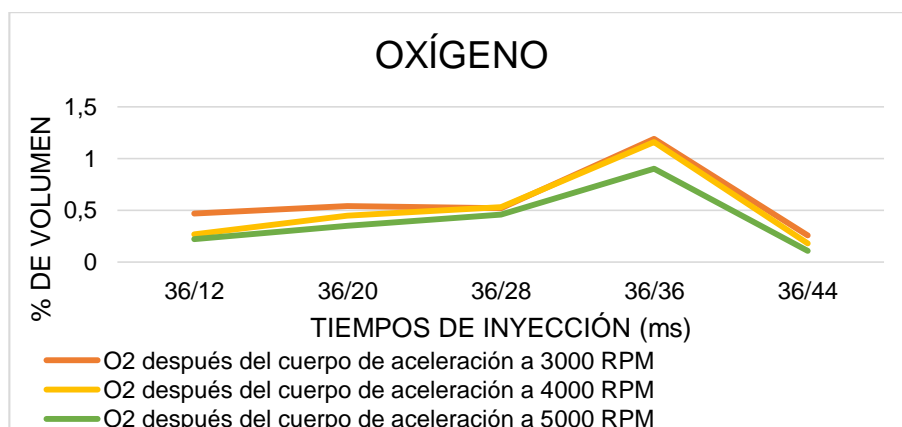


En 3000 r.p.m. y la combinación de 36/12 ms de etanol/metanol el valor máximo de Hidrocarburos es de 1937 ppm de volumen, a 36/36 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo de Hidrocarburos es de 981 ppm de volumen.



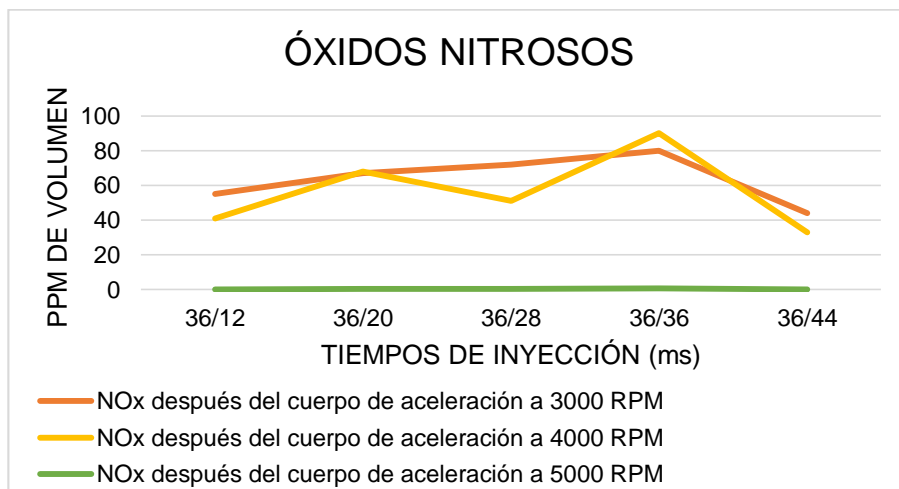
**Figura 153.** HC a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

El Oxígeno a 36/36 ms de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor máximo es de 1,19% de volumen y el valor mínimo para todas las condiciones de régimen de giro es menor a 0,2% de volumen en la combinación de 36/44 ms de inyección de etanol/metanol.



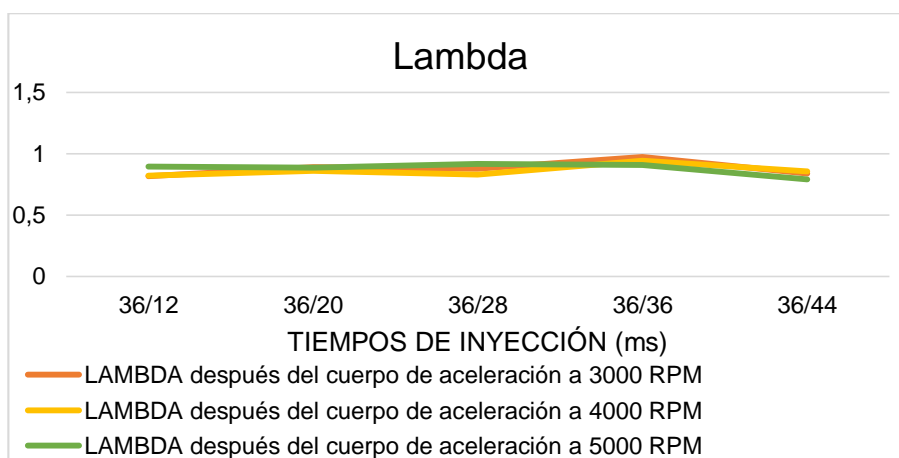
**Figura 154.** O2 a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

En la combinación de inyección 36/44 ms de etanol/metanol la menor cantidad de Óxidos nitrosos es de 33 ppm de volumen a 4000 r.p.m., el valor máximo de Óxidos nitrosos es de 90 ppm de volumen a 36/36 ms de inyección de etanol/metanol a 4000 r.p.m.



**Figura 155.** NOx a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

La relación Lambda indica que existe mezcla pobre en el sistema para la combinación de inyección de etanol/metanol en todas las condiciones de régimen de giro.



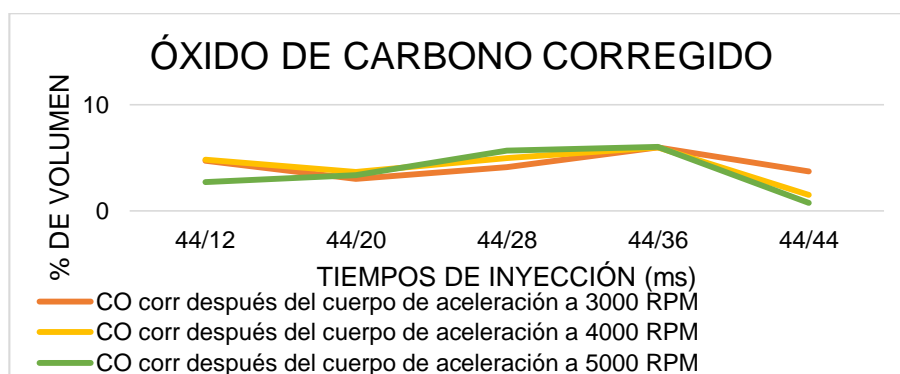
**Figura 156.** Lambda a 36 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

**Tabla 52**

*Inyección de 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración*

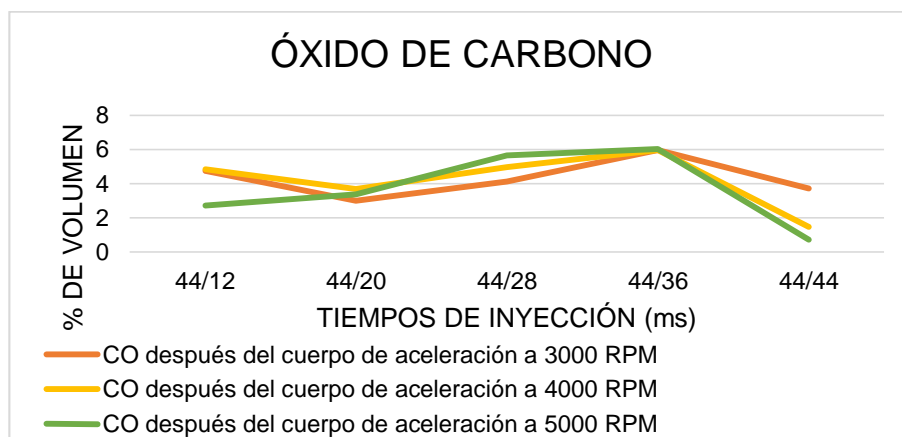
DESPUÉS DEL CUERPO DE ACELERACIÓN								
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol
	Etanol/Metanol							
3000	44/12	4,75	0,818	4,75	11,5	1703	0,09	24
	44/20	3	0,88	3	12,8	1132	0,09	21
	44/28	4,14	0,852	4,14	12,3	1173	0,09	12
	44/36	5,98	0,801	5,98	11,2	1391	0,07	11
	44/44	3,71	0,867	3,71	12,7	1017	0,06	11
4000	44/12	4,83	0,824	4,83	11,9	1600	0,09	39
	44/20	3,68	0,866	3,68	12,6	1102	0,09	16
	44/28	4,97	0,83	4,97	11,8	1236	0,09	11
	44/36	5,97	0,798	5,97	11,1	1485	0,07	11
	44/44	1,48	0,93	1,48	13,5	782	0,06	10
5000	44/12	2,72	0,885	2,72	13,1	1236	0,09	29
	44/20	3,38	0,874	3,38	12,8	1081	0,09	14
	44/28	5,66	0,812	5,66	11,5	1346	0,09	11
	44/36	6,03	0,794	6,03	11,1	1584	0,07	12
	44/44	0,76	0,958	0,72	13,5	687	0,16	31

La combinación de 44/44 ms de inyección de etanol/metanol en 5000 r.p.m. da la menor cantidad de Óxido de carbono corregido de 0,76% de volumen, el valor máximo es de 6,03% de volumen en 44/36 ms de inyección de etanol/metanol a 5000 r.p.m.



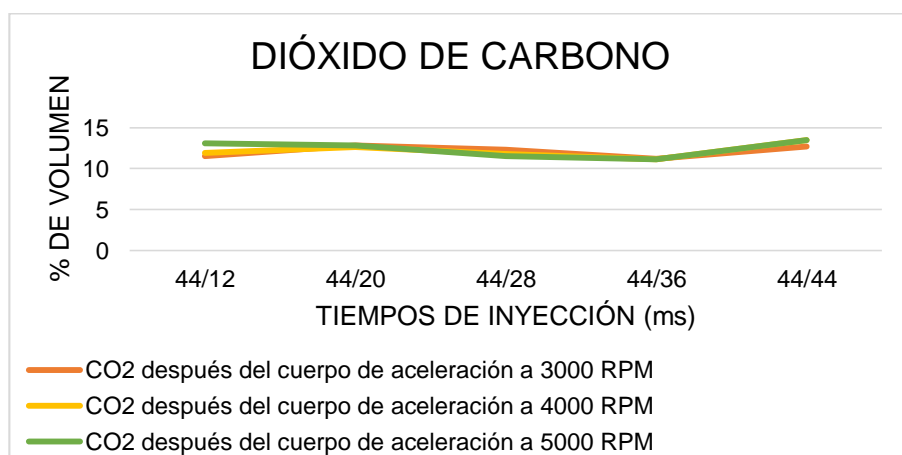
**Figura 157.** CO corr a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

El valor máximo de Óxido de carbono es de 6,03% de volumen en 44/36 ms de inyección de etanol/metanol a 5000 r.p.m., la combinación de 44/44 ms de inyección de etanol/metanol, en 44/44 ms de inyección de etanol/metanol la menor cantidad de Óxido de carbono es de 0,72% de volumen.



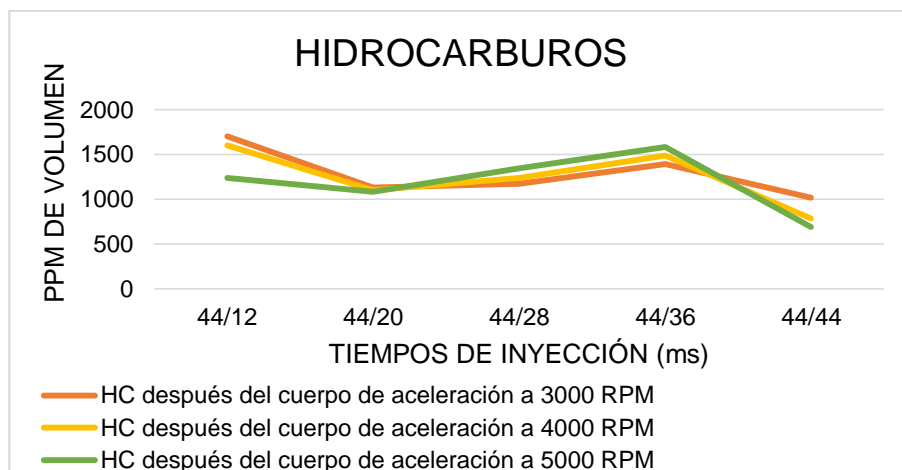
**Figura 158.** CO a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

A 44/36 m de inyección de etanol/metanol y 3000 r.p.m. el valor mínimo de Dióxido de carbono es de 11,1% de volumen, en 5000 r.p.m. y la combinación de 44/44 ms de etanol/metanol la mayor cantidad de Dióxido de carbono es de 13,5% de volumen.



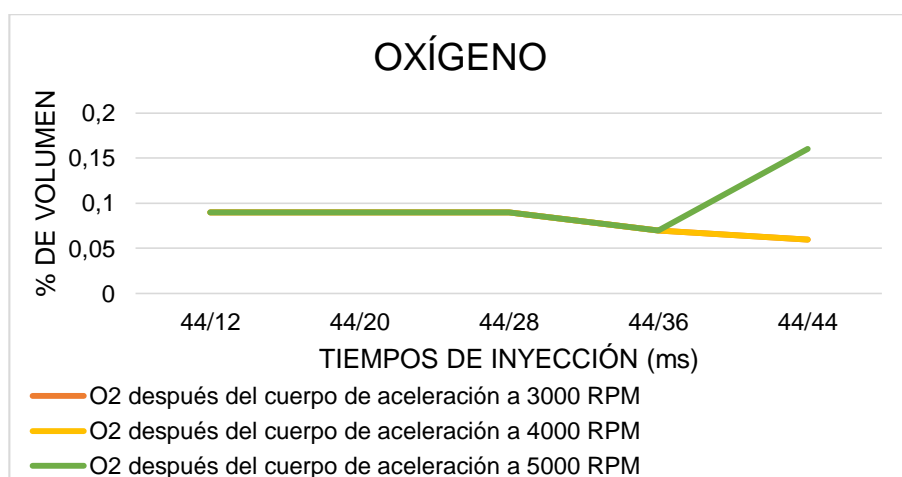
**Figura 159.** CO2 a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

En 4000 r.p.m. y la combinación de 44/12 ms de etanol/metanol el valor máximo de Hidrocarburos es de 1600 ppm de volumen, a 44/44 ms de inyección de etanol/metanol y 5000 r.p.m. el valor mínimo de Hidrocarburos es de 687 ppm de volumen.



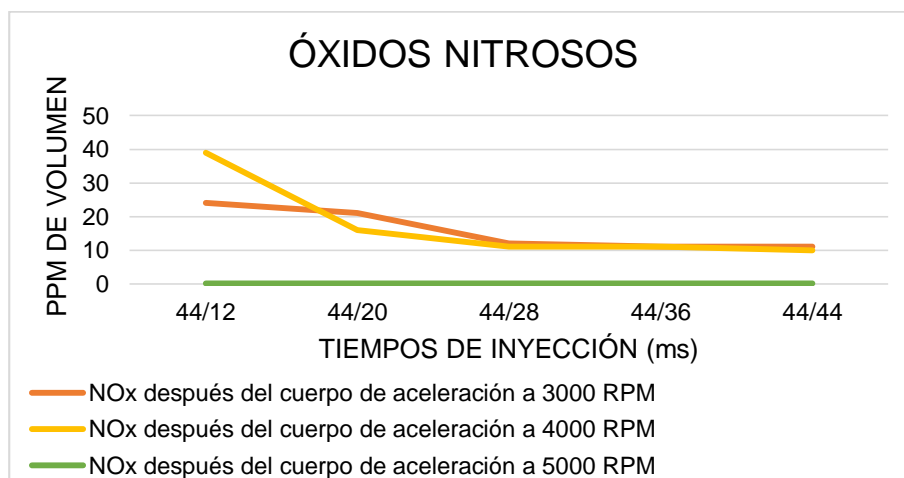
**Figura 160.** HC a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

El Oxígeno a 44/44 ms de inyección de etanol/metanol el valor máximo es de 0,16% de volumen en 5000 r.p.m. y el valor mínimo es de 0,06% de volumen a 4000 r.p.m.



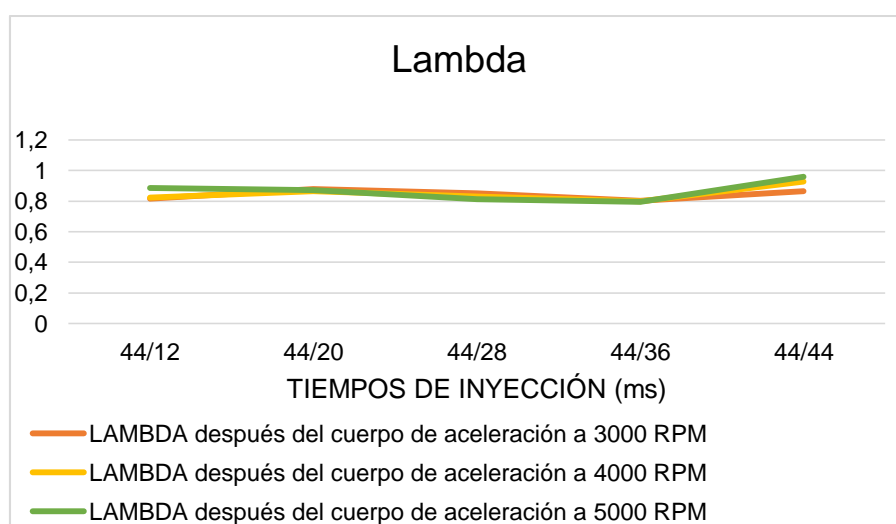
**Figura 161.** O2 a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

En la combinación de inyección 44/12 ms de etanol/metanol la máxima cantidad de Óxidos nitrosos es de 39 ppm de volumen a 4000 r.p.m., el valor mínimo de Óxidos nitrosos se encuentra por debajo de 0,10 ppm de volumen en todas las combinaciones de inyección de etanol/metanol y 5000 r.p.m.



**Figura 162.** NOx a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

La relación Lambda indica que existe mezcla pobre en el sistema para todas las combinaciones de inyección de etanol/metanol y condiciones de régimen de giro.



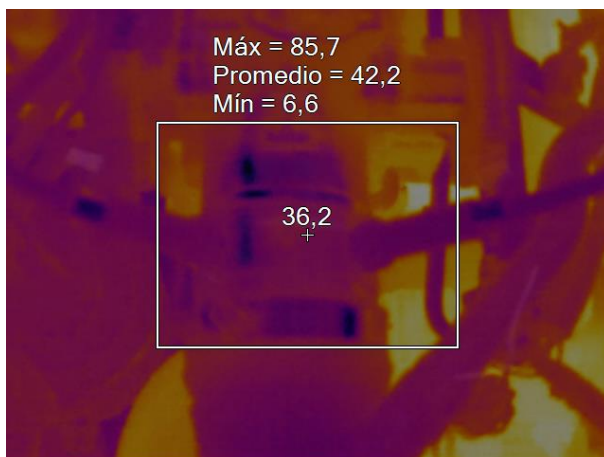
**Figura 163.** Lambda a 44 ms etanol y variaciones de metanol después del cuerpo de aceleración

#### 4.4.2. Pruebas de termografía

Luego de realizar la toma de fotografías con la cámara termográfica TIS-60 y mediante el uso del software Smartview se obtuvo los datos de temperatura de las superficies a analizar para luego tabular en una hoja de datos Excel para su respectivo análisis gráfico.

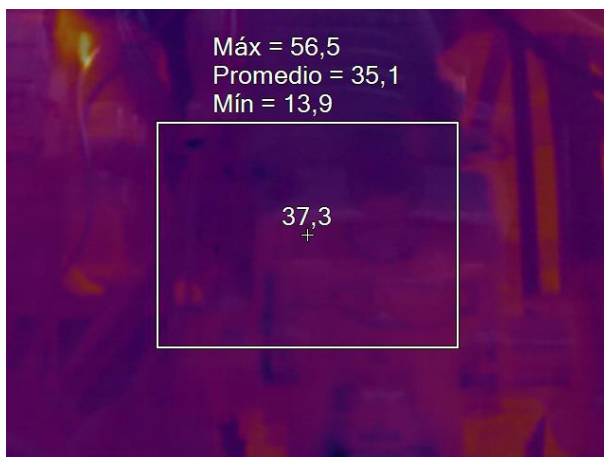
##### a. Análisis termográfico del sistema de admisión con el sistema de inyección etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración

A partir de las fotografías generadas por la cámara termográfica TIS-60 y mediante el uso del software Smartview se obtuvo los datos de temperatura del sistema de admisión a analizar del protocolo de pruebas mencionado en la tabla 32.



**Figura 164.** Imagen termográfica de la base de inyectores 1 inyectado antes del cuerpo de aceleración

El conjunto de evidencias del análisis termográfico del sistema de admisión representadas en la figura 164 y 165 se genera como anexo H.



**Figura 165.** Imagen termográfica de la base de inyectores 2 inyectado después del cuerpo de aceleración

En la tabla 53 se tabulan los valores de temperatura de las pruebas realizadas a diferentes condiciones de régimen de giro del motor las cuales son obtenidas de las imágenes termográficas mediante el software Smartview.

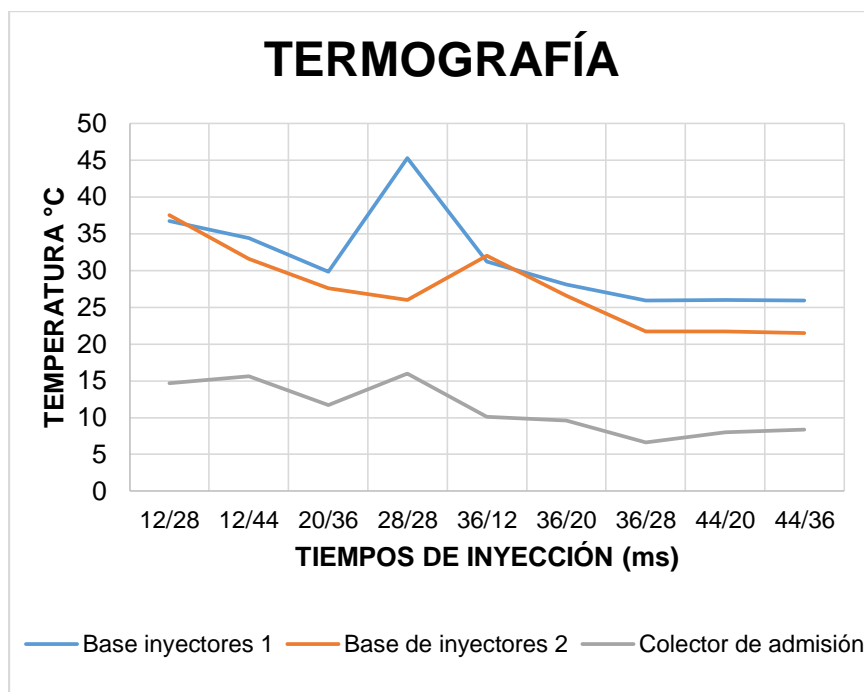
**Tabla 53**

*Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de admisión		
		Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión
	Tiempos de inyección (ms)	°C	°C	°C
3000	12/28	36,7	37,5	14,7
	12/44	34,4	31,6	15,6
	20/36	29,8	27,6	11,7
	28/28	45,3	26	16
	36/12	31,2	32	10,1
	36/20	28,1	26,6	9,6
	36/28	25,9	21,7	6,6
	44/20	26	21,7	8
	44/36	25,9	21,5	8,4



En la figura 166 se puede observar como las distintas piezas del sistema de admisión tienden a disminuir su temperatura hasta en 15°C según la inyección de etanol/metanol a 3000 r.p.m., se presenta una elevación de temperatura en la combinación de 28/28 ms de inyección de etanol/metanol debido a que se produjo un lapso de tiempo mayor entre dicha medición



**Figura 166.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m.

**Tabla 54**

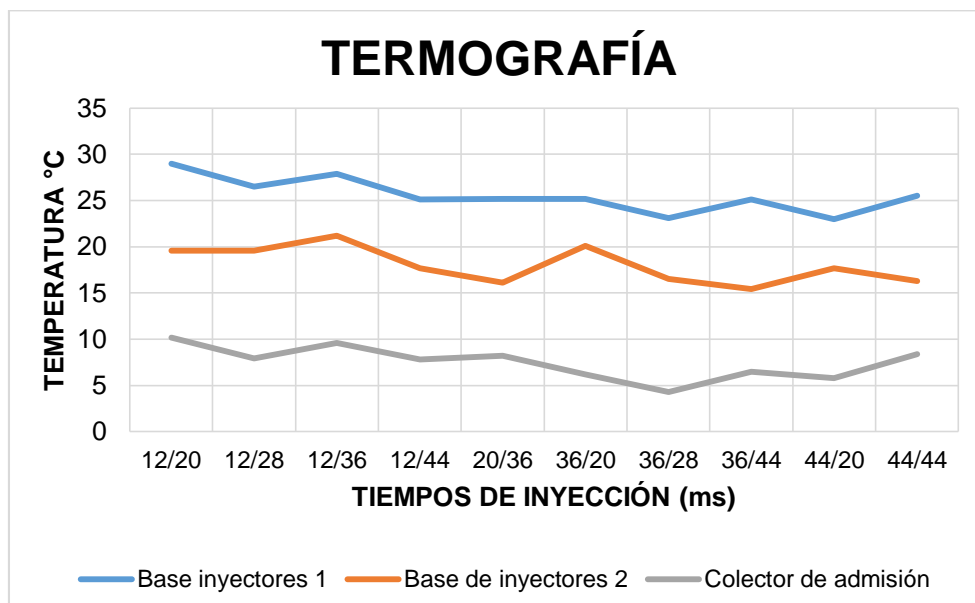
*Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de admisión		
		Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión
Tiempos de inyección (ms)		°C	°C	°C
4000	12/20	29	19,6	10,2
	12/28	26,5	19,6	7,9
	12/36	27,9	21,2	9,6

CONTINÚA →

12/44	25,1	17,7	7,8
20/36	25,2	16,1	8,2
36/20	25,2	20,1	6,2
36/28	23,1	16,5	4,3
36/44	25,1	15,4	6,5
44/20	23	17,7	5,8
44/44	25,5	16,3	8,4

Las distintas piezas del sistema de admisión tienden a disminuir su temperatura hasta en 5°C según la inyección de etanol/metanol a 3000 r.p.m., se presentan incrementos de temperatura en varias combinaciones de inyección debido al tiempo de medición entre combinaciones



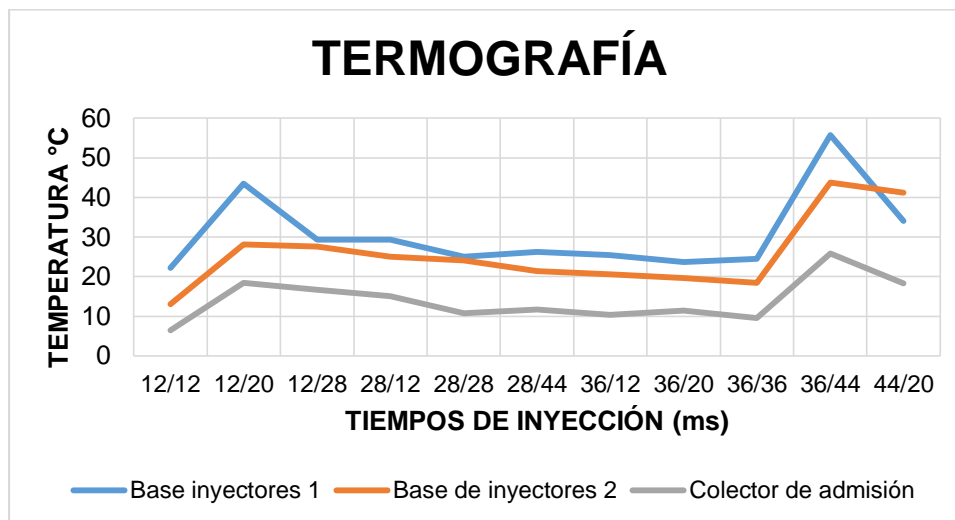
**Figura 167.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m.

**Tabla 55**

*Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de admisión		
		Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión
		°C	°C	°C
	<b>Tiempos de inyección (ms)</b>			
	12/12	22,2	13,1	6,5
	12/20	43,5	28,1	18,4
	12/28	29,4	27,6	16,7
	28/12	29,4	25	15,1
	28/28	25	24,1	10,7
5000	28/44	26,3	21,4	11,7
	36/12	25,4	20,6	10,3
	36/20	23,7	19,6	11,4
	36/36	24,5	18,5	9,6
	36/44	55,7	43,8	25,8
	44/20	34,1	41,2	18,3

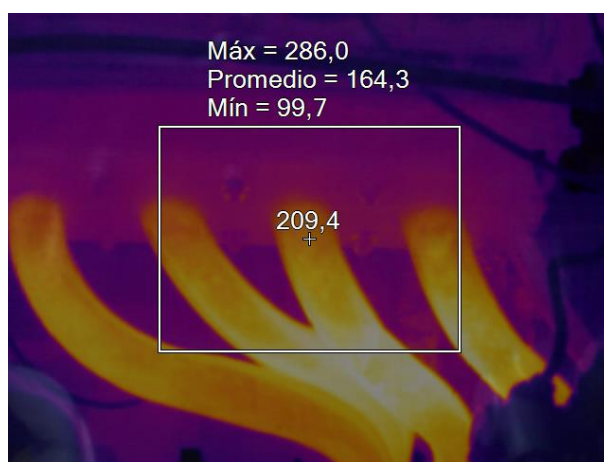
En la figura 168 se puede observar como las distintas piezas del sistema de admisión tienden a incrementar al principio y al final de las combinaciones de inyección de etanol/metanol y en las mediciones centrales tienden a mantenerse en temperaturas similares, esto es debido al alto régimen de giro del motor.



**Figura 168.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m.

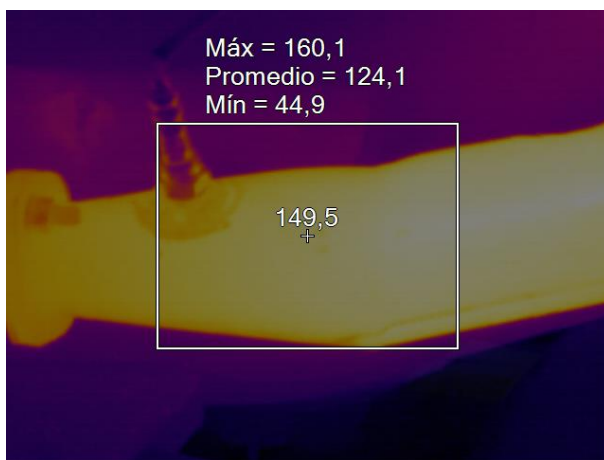
**b. Análisis termográfico del sistema de escape con el sistema de inyección etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración**

A partir de las fotografías generadas por la cámara termográfica TIS-60 y mediante el uso del software Smartview se obtuvo los datos de temperatura del sistema de escape a analizar del protocolo de pruebas mencionado en la tabla 32.



**Figura 169.** Imagen termográfica del colector de escape inyectado antes del cuerpo de aceleración

El conjunto de evidencias del análisis termográfico del sistema de escape representadas en la figura 169 y 170 se genera como anexo H.



**Figura 170.** Imagen termográfica de la base de sensor de oxígeno inyectado después del cuerpo de aceleración

En la tabla 56 se tabulan los valores de temperatura de las pruebas realizadas a diferentes condiciones de régimen de giro del motor las cuales son obtenidas de las imágenes termográficas mediante el software Smartview.

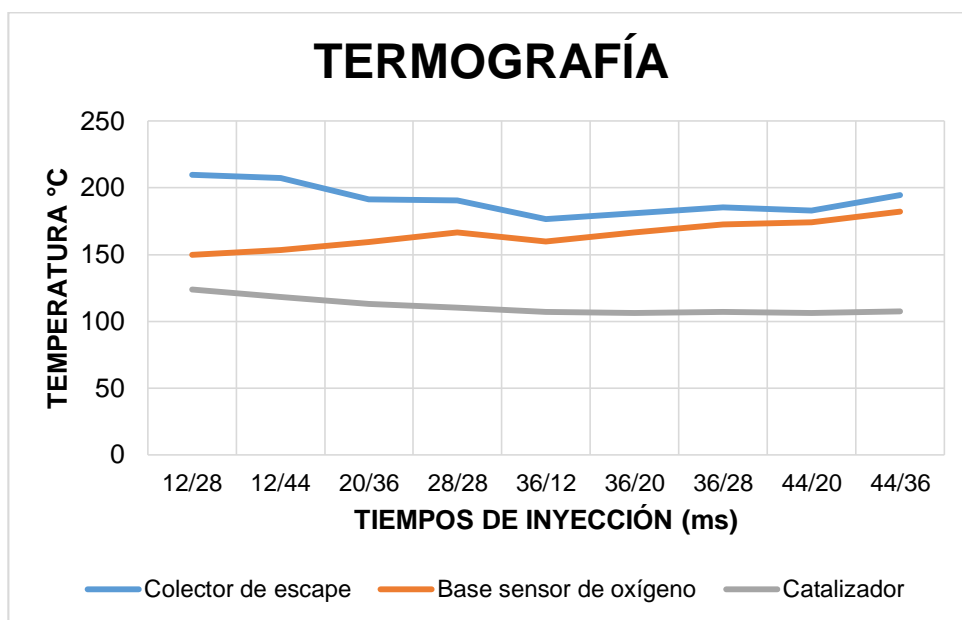
**Tabla 56**

*Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Sistema de escape			
	Etanol/Metanol	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
	Tiempos de inyección (ms)	°C	°C	°C
3000	12/28	209,4	149,5	123,9
	12/44	207,4	153,4	118,3
	20/36	191,5	159,6	113,2

28/28	190,6	166,7	110,3
36/12	176,7	159,7	107,2
36/20	181,1	166,5	106,3
36/28	185,5	172,6	107,2
44/20	182,9	174,2	106,2
44/36	194,6	182,1	107,4

El colector de escape tiende a disminuir su temperatura en 15°C, la base del sensor de oxígeno incrementa su temperatura en 33°C, el catalizador disminuye su temperatura en 17°C con un régimen de giro del motor de 3000 r.p.m.



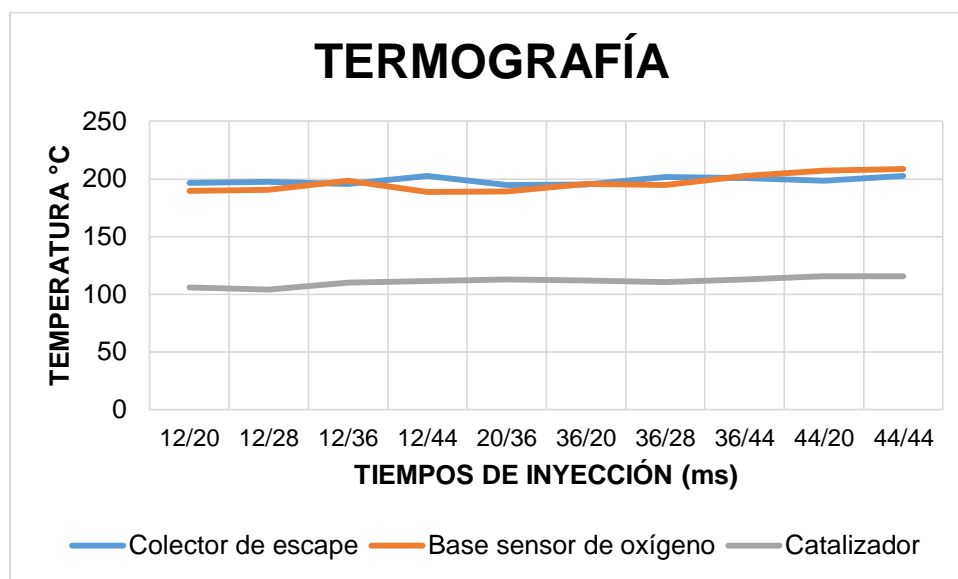
**Figura 171.** Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m.

**Tabla 57**

*Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de escape		
		Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
	Tiempos de inyección (ms)	°C	°C	°C
4000	12/20	196,6	189,8	106
	12/28	197,4	190,6	103,8
	12/36	195,4	198,2	109,8
	12/44	202,4	188,5	111,3
	20/36	194,7	189,1	112,7
	36/20	195,2	195,7	111,9
	36/28	201,6	194,9	110,3
	36/44	200,7	202,5	112,6
	44/20	198,3	207,2	115,7
	44/44	202,4	208,8	115,7

En la figura 172 se puede observar como el colector de escape tiende a incrementar su temperatura en 6°C, la base del sensor de oxígeno incrementa su temperatura en 19°C, el catalizador disminuye su temperatura en 9°C con un régimen de giro del motor de 4000 r.p.m.



**Figura 172.** Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m.

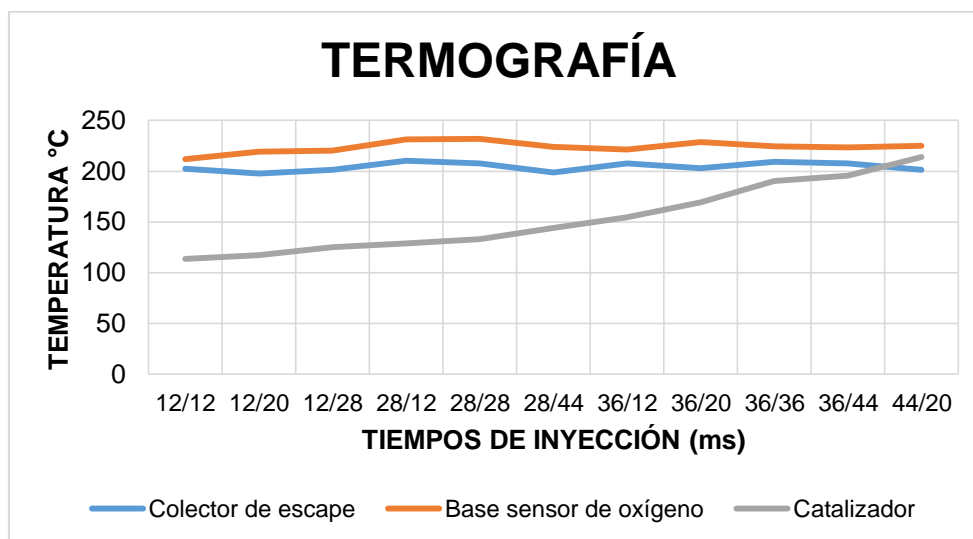
**Tabla 58**

*Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de escape		
		Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
		°C	°C	°C
	<b>Tiempos de inyección (s)</b>	<b>°C</b>	<b>°C</b>	<b>°C</b>
5000	12/12	202,6	211,7	113,5
	12/20	197,9	219,2	117,2
	12/28	201,1	220,3	124,9
	28/12	210,3	231,1	128,5
	28/28	207,8	231,7	132,9
	28/44	198,9	224,1	143,8
	36/12	207,5	221,3	154,4
	36/20	202,7	228,9	169,4
	36/36	209	224,5	190,4
	36/44	207,6	223,4	195,6
44/20	201,5	224,8	213,7	



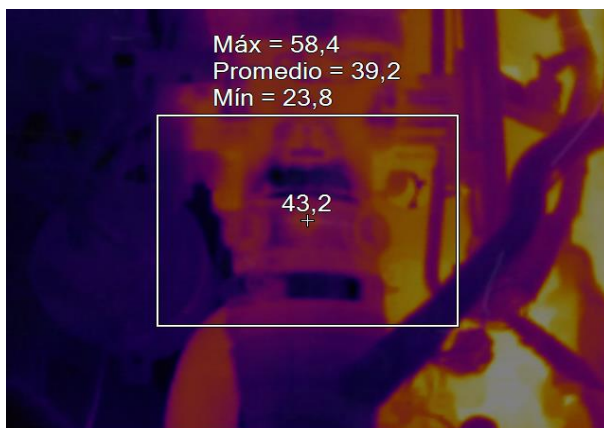
El colector de escape tiende a mantener su temperatura en las diferentes combinaciones de inyección teniendo una variación de  $\pm 8^{\circ}\text{C}$ , la base del sensor de oxígeno incrementa su temperatura en  $13^{\circ}\text{C}$ , el catalizador incrementa su temperatura en  $10^{\circ}\text{C}$  con un régimen de giro del motor de 5000 r.p.m.



**Figura 173.** Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m.

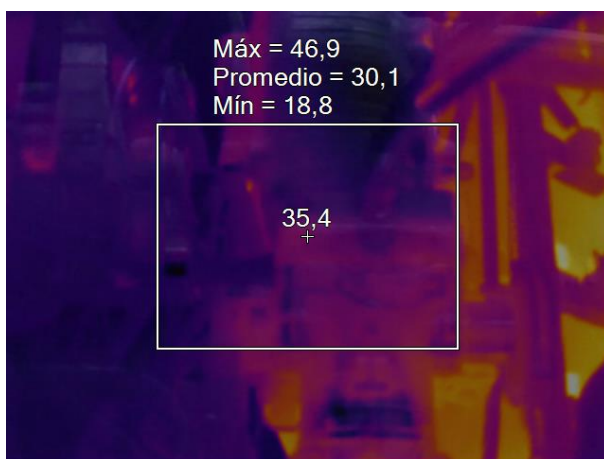
**c. Análisis termográfico del sistema de admisión con el sistema de inyección etanol/metanol después del cuerpo de aceleración**

A partir de las fotografías generadas por la cámara termográfica TIS-60 y mediante el uso del software Smartview se obtuvo los datos de temperatura del sistema de admisión a analizar del protocolo de pruebas mencionado en la tabla 32.



**Figura 174.** Imagen termográfica de la base de inyectores 1 inyectado después del cuerpo de aceleración

El conjunto de evidencias del análisis termográfico del sistema de admisión representadas en la figura 174 y 175 se genera como anexo H.



**Figura 175.** Imagen termográfica de la base de inyectores 2 inyectado después del cuerpo de aceleración

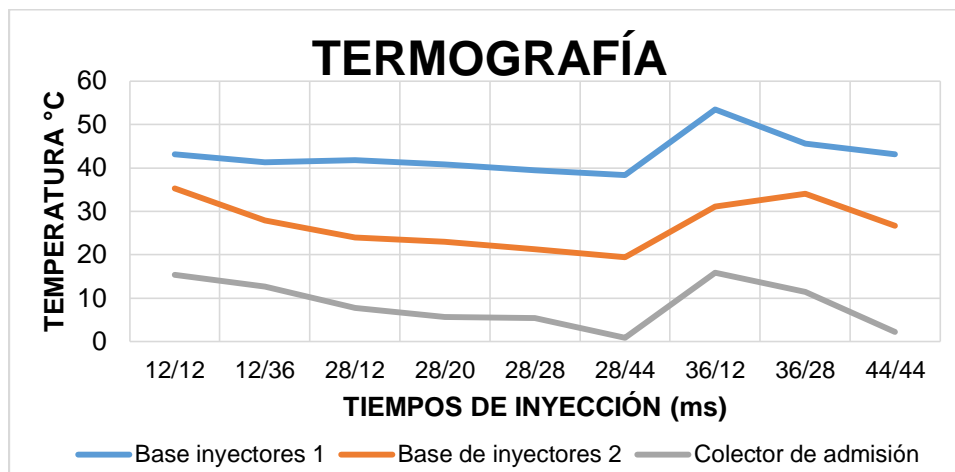
En la tabla 59 se tabulan los valores de temperatura de las pruebas realizadas a diferentes condiciones de régimen de giro del motor las cuales son obtenidas de las imágenes termográficas mediante el software Smartview.

**Tabla 59**

Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de admisión		
		Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión
		°C	°C	°C
	<b>Tiempos de inyección (ms)</b>			
3000	12/12	43,2	35,3	15,4
	12/36	41,3	27,9	12,7
	28/12	41,8	24	7,8
	28/20	40,8	23	5,7
	28/28	39,4	21,3	5,4
	28/44	38,4	19,5	0,9
	36/12	53,5	31,1	15,9
	36/28	45,6	34,1	11,5
	44/44	43,2	26,7	2,3

Las partes del sistema de admisión tienden a disminuir su temperatura hasta la sexta combinación de inyección de etanol/metanol en la séptima combinación de inyección etanol/metanol su temperatura tiende a subir debido a un lapso de tiempo mayor de medida entre las combinaciones, con un régimen de giro del motor de 3000 r.p.m.



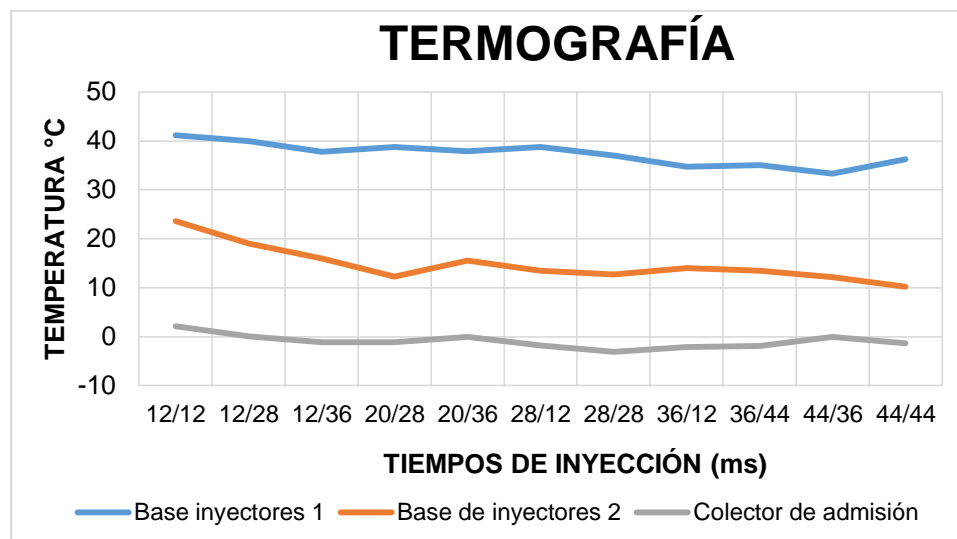
**Figura 176.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m.

**Tabla 60**

*Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de admisión		
		Base de inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión
		Tiempos de inyección (ms)	°C	°C
4000	12/12	41,1	23,6	2,1
	12/28	39,9	19	0,1
	12/36	37,8	16	-1,1
	20/28	38,7	12,3	-1,1
	20/36	37,9	15,5	-0,1
	28/12	38,7	13,5	-1,8
	28/28	37	12,7	-3,1
	36/12	34,7	14	-2,1
	36/44	35	13,5	-1,9
	44/36	33,3	12,2	-0,1
	44/44	36,2	10,2	-1,4

La temperatura en la base de inyectores 1 disminuye en 8°C, en la base de inyectores 2 disminuye en 13°C, en el colector de admisión la temperatura mínima fue de 3,1°C bajo cero con un régimen de giro de 4000 r.p.m.



**Figura 177.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m.

**Tabla 61**

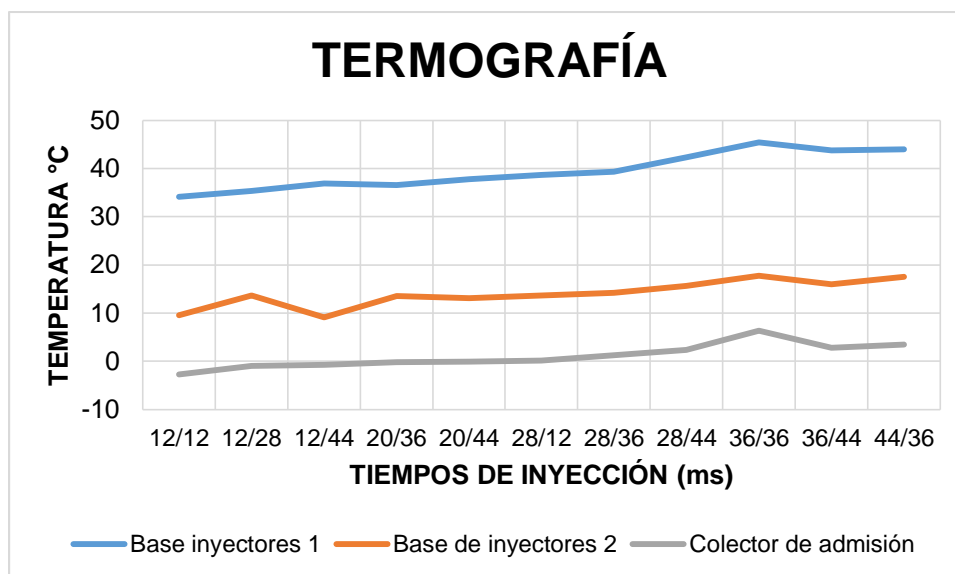
*Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Sistema de admisión			
	Etanol/Metanol	Base de inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión
	Tiempos de inyección (ms)	°C	°C	°C
5000	12/12	34,1	9,6	-2,7
	12/28	35,4	13,7	-1
	12/44	36,9	9,1	-0,7
	20/36	36,6	13,5	-0,2
	20/44	37,8	13,1	-0,1
	28/12	38,7	13,6	0,1
	28/36	39,4	14,2	1,3

CONTINÚA →

28/44	42,3	15,6	2,4
36/36	45,5	17,8	6,3
36/44	43,8	16	2,8
44/36	44	17,5	3,5

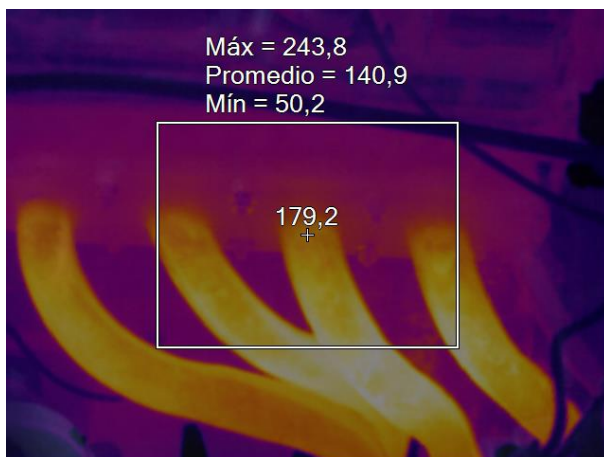
La temperatura en la base de inyectores 1 incrementa en 10°C, en la base de inyectores 2 incrementa en 8°C, en el colector de admisión incrementa en 5°C, con un régimen de giro de 5000 r.p.m.



**Figura 178.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m.

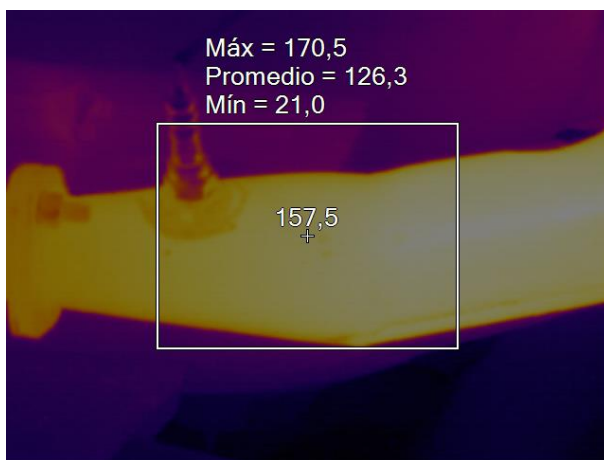
**d. Análisis termográfico del sistema de escape con el sistema de inyección etanol/metanol después del cuerpo de aceleración**

A partir de las fotografías generadas por la cámara termográfica TIS-60 y mediante el uso del software Smartview se obtuvo los datos de temperatura del sistema de escape a analizar del protocolo de pruebas mencionado en la tabla 32.



**Figura 179.** Imagen termográfica del múltiple de escape inyectado después del cuerpo de aceleración

El conjunto de evidencias del análisis termográfico del sistema de admisión representadas en la figura 179 y 180 se genera como anexo H.



**Figura 180.** Imagen termográfica de la base del sensor de oxígeno inyectado después del cuerpo de aceleración

En la tabla 62 se tabulan los valores de temperatura de las pruebas realizadas a diferentes condiciones de régimen de giro del motor las cuales son obtenidas de las imágenes termográficas mediante el software Smartview.

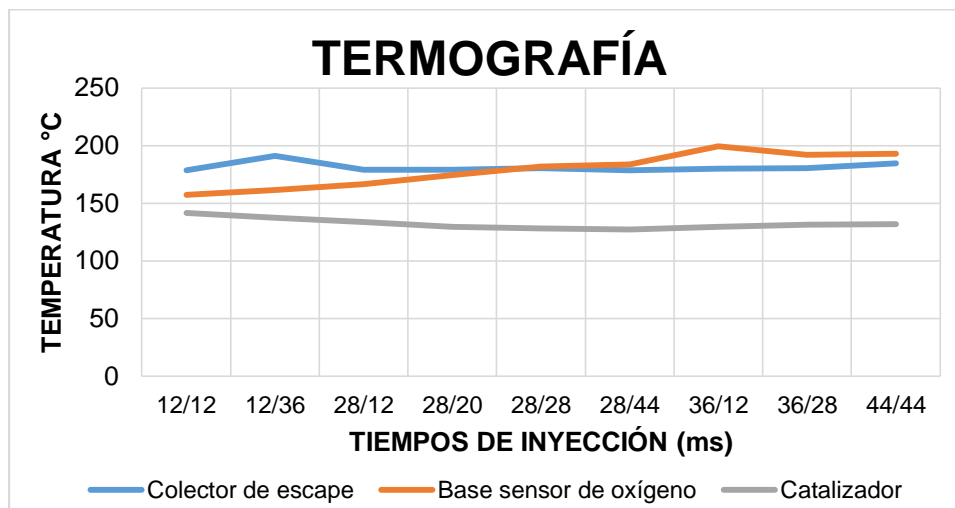
**Tabla 62**

*Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de escape		
		Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
		°C	°C	°C
3000	Tiempos de inyección (ms)			
	12/12	179,2	157,5	141,6
	12/36	191,2	161,6	137,5
	28/12	179,2	166,6	133,5
	28/20	179,2	174,6	129,5
	28/28	180,3	182	128,3
	28/44	178,8	183,7	127,3
	36/12	179,8	199,3	129,5
	36/28	180,6	192,1	131,5
	44/44	184,6	193,1	131,8

La temperatura en el colector de escape incrementa en 13°C en la segunda combinación de inyección de etanol/metanol luego su temperatura tiende a mantenerse con  $\pm 4^\circ\text{C}$ , en la base del sensor de oxígeno incrementa en 40°C, en el catalizador disminuye en 10°C, con un régimen de giro de 3000 r.p.m.





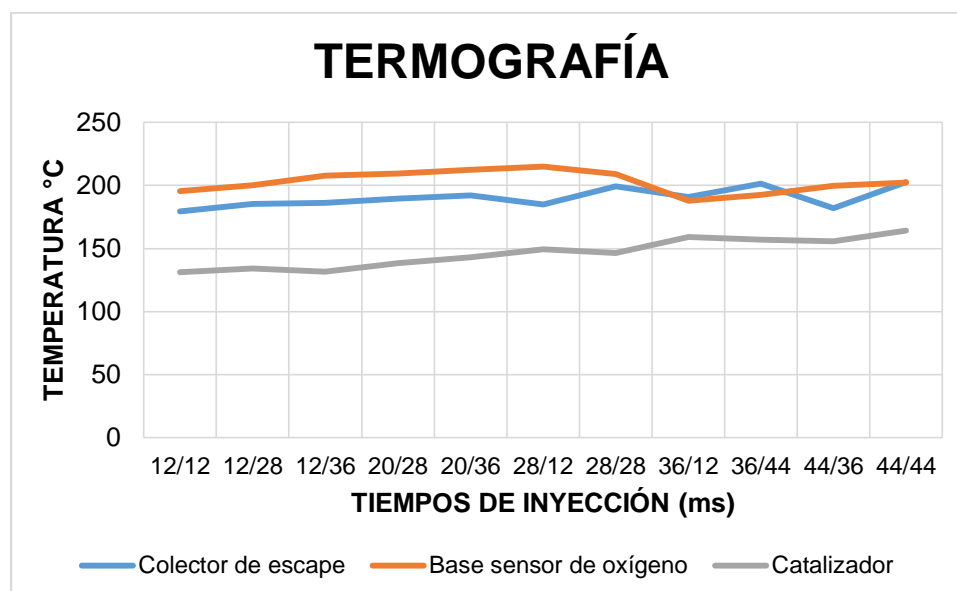
**Figura 181.** Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m.

**Tabla 63**

*Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Sistema de escape			
	Etanol/Metanol	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
	Tiempos de inyección (ms)	°C	°C	°C
4000	12/12	179,5	195,7	131,3
	12/28	185,5	200,3	134
	12/36	186,2	207,7	131,8
	20/28	189,6	209,3	138,3
	20/36	192,2	212,3	142,9
	28/12	184,9	214,9	149,5
	28/28	199,2	209,1	146,3
	36/12	190,7	187,9	159,1
	36/44	201,6	192,4	157,2
	44/36	181,8	199,9	155,6
	44/44	202,6	202,3	164,3

La temperatura en el colector de escape incrementa en 13°C, en la base del sensor de oxígeno incrementa en 7°C, en el catalizador incrementa en 30°C, con un régimen de giro de 4000 r.p.m.



**Figura 182.** Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m.

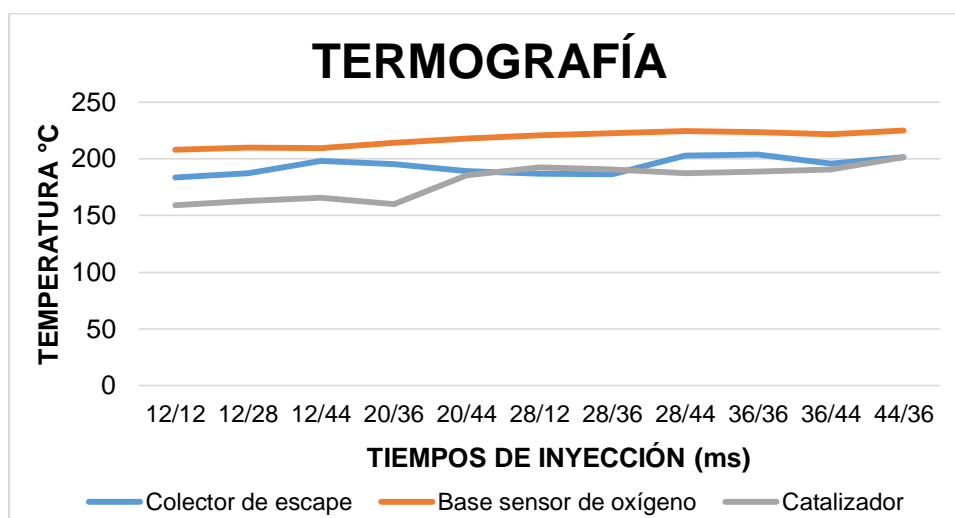
**Tabla 64**

*Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración*

r.p.m.	Etanol/Metanol Tiempos de inyección (ms)	Sistema de escape		
		Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
		°C	°C	°C
5000	12/12	183,5	208,1	159,1
	12/28	187,6	210	162,7
	12/44	198	209,4	165,9
	20/36	195,5	214,1	159,9
	20/44	189,2	218,1	185,7
	28/12	186,8	220,8	192,4

28/36	186,6	222,9	190,9
28/44	202,9	224,4	187,3
36/36	203,7	223,5	188,6
36/44	196,1	222	190,8
44/36	201,7	225	201,7

La temperatura en el colector de escape incrementa en 18°, en la base del sensor de oxígeno incrementa en 17°C, en el catalizador disminuye en 42°C, con un régimen de giro de 5000 r.p.m.



**Figura 183.** Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m.

#### 4.4.3. Pruebas de consumo de combustible

Mediante las rutas establecidas en ciudad y carretera se realizó las pruebas de consumo de combustible del vehículo con el sistema de inyección de etanol/metanol.

El consumo promedio del vehículo en carretera es de 2,185 gal/100Km recorridos.

**Tabla 65**

*Pruebas de consumo de combustible con el sistema de inyección etanol/metanol*

<b>PRUEBA DE COMSUMO DE COMBUSTIBLE EN CARRETERA</b>					
	<b>DISTANCIA</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>CONSUMO</b>	<b>CONSUMO</b>
	<b>(Km)</b>	<b>(L)</b>	<b>MEDIA (Km/h))</b>	<b>(L/100km)</b>	<b>(GL/100Km)</b>
<b>PRUEBA 1</b>	27	2,2	87,6	8,15	2,153
<b>PRUEBA 2</b>	27	2,3	85,8	8,52	2,251
<b>PRUEBA 3</b>	27	2,2	86,7	8,15	2,153
<b>PROMEDIO</b>	27	2,233	86,700	8,27	2,185

#### **4.5. Análisis, interpretación y comparación de resultados**

Para el análisis, interpretación y comparación de resultados se utilizaron los valores inferiores de cada prueba de las variables en investigación, la comparación se realizó con datos obtenidos de la medición con el sistema de inyección etanol/metanol en funcionamiento en relación al funcionamiento normal del motor G13B.

##### **4.5.1. Gases de escape**

##### **a. Análisis y comparación de gases de escape con y sin el sistema de inyección de etanol**

**Tabla 66**

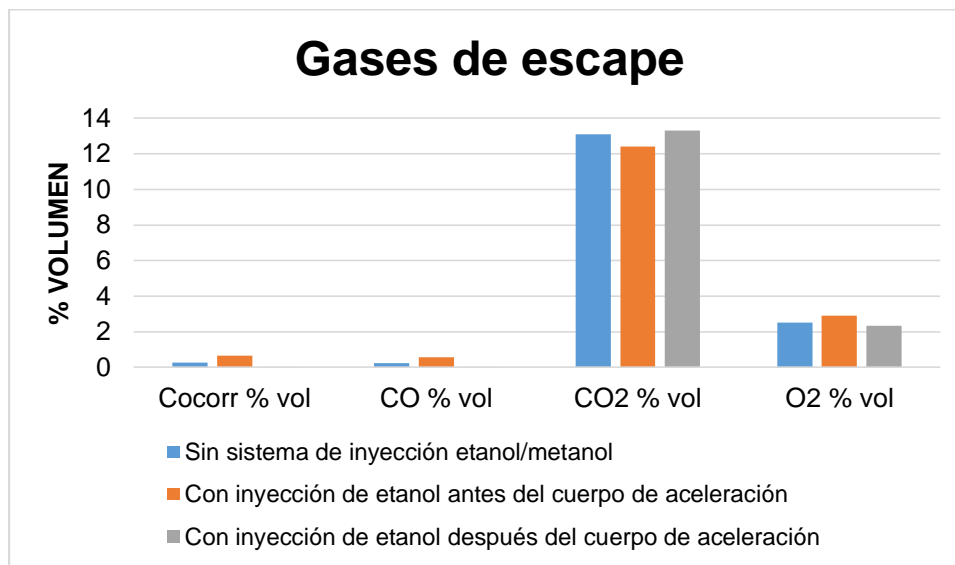
*Comparación de gases de escape con y sin el sistema de inyección de etanol*

<b>Sin sistema de inyección etanol/metanol</b>							
<b>r.p.m.</b>	<b>COcorr % Vol</b>	<b>Lambda</b>	<b>CO % Vol</b>	<b>CO2 % Vol</b>	<b>HC ppm Vol</b>	<b>O2 % Vol</b>	<b>NOx ppm Vol</b>
3000	0,26	1,117	0,23	13,1	157	2,52	480
4000	0,41	1,122	0,36	12,8	193	2,7	415
5000	0,27	1,098	0,24	12,9	163	2,14	431
<b>Con inyección de etanol antes del cuerpo de aceleración</b>							

**CONTINÚA** 

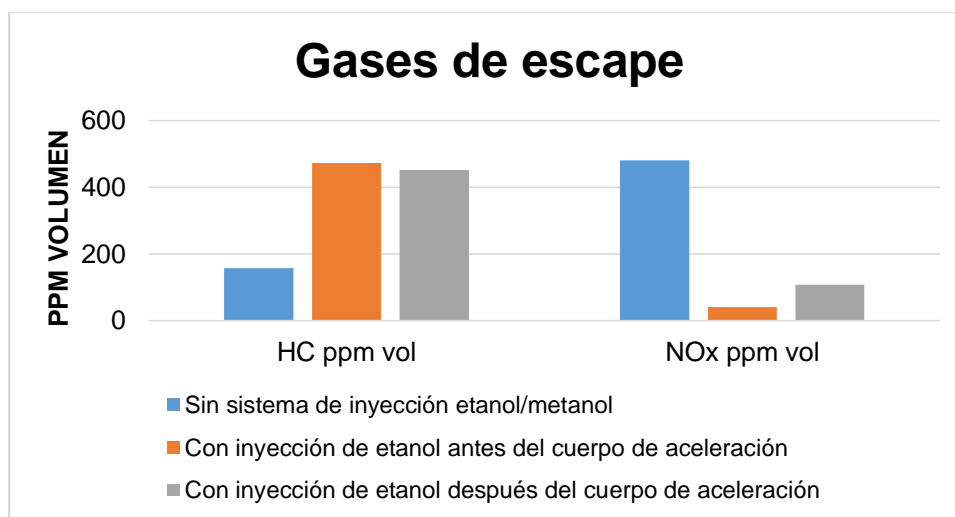
r.p.m.	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol	Tiempos de inyección (ms)
3000	0,64	1,114	0,55	12,4	472	2,89	40	12
4000	3,76	0,875	3,76	12,1	1270	0,56	41	28
5000	2,69	0,952	2,69	13	545	1,09	0	36
<b>Con inyección de etanol después del cuerpo de aceleración</b>								
r.p.m.	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NO ppm Vol	Tiempos de inyección (ms)
3000	0,02	1,1	0,02	13,3	452	2,34	108	36
4000	0,09	0,995	0,09	14,4	414	0,3	29	44
5000	0,01	1,093	0,01	13,5	339	2,11	59	36

En la figura 184 se observa que al inyectar 12 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido incrementa en 0,38% Vol, el gas Óxido de carbono aumenta en 0.32% de volumen, el gas Dióxido de carbono disminuye en 0.7% de volumen, el gas Oxígeno crece en 0.37% de volumen. Al inyectar 36 ms de etanol después del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido disminuye en 0,24% Vol, el gas Óxido de carbono decrece en 0.21% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 0.2% de volumen, el gas Oxígeno reduce en 0.18% de volumen.



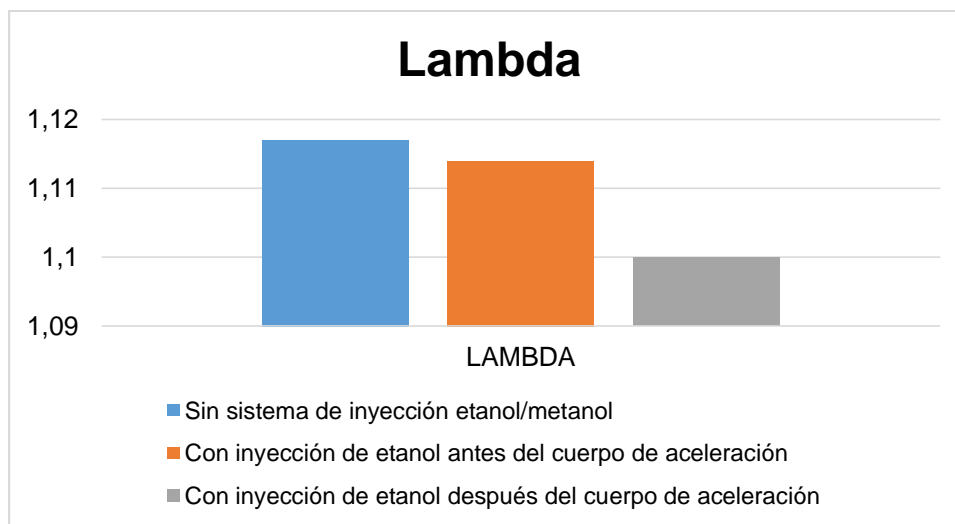
**Figura 184.** Análisis de COcorr, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol

Al inyectar 12 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 315 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 440 ppm de volumen. Al inyectar 36 ms de etanol después del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Hidrocarburo crece en 295 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno reduce en 372 ppm de volumen.



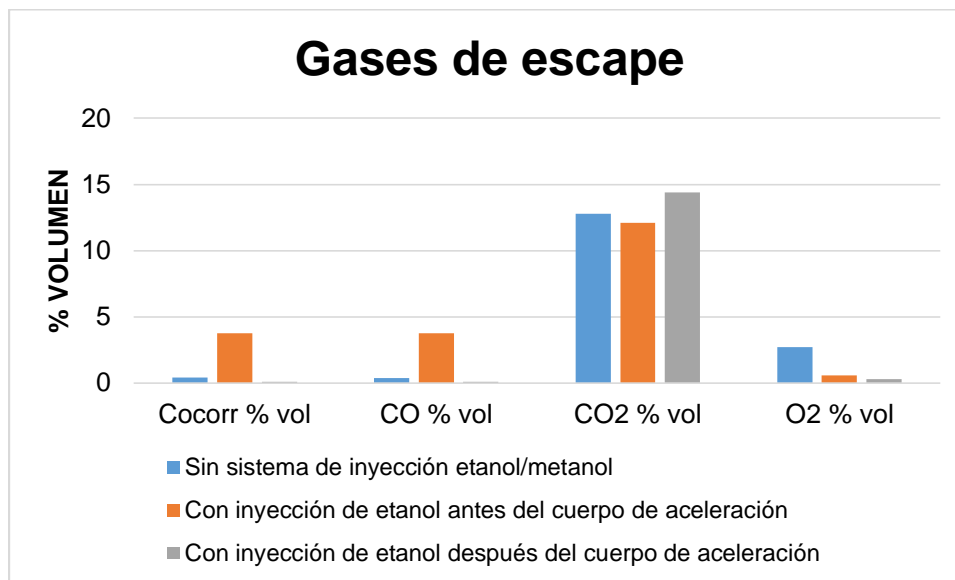
**Figura 185.** Análisis de HC y NO<sub>x</sub> a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol

En la figura 186 se observa que al inyectar 12 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el factor Lambda disminuyó en 0.003 el cual indica que existe una mezcla rica en el cilindro. Al inyectar 36 ms de etanol después del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el factor Lambda decrece en 0.017 así demuestra que existe una mezcla rica en el cilindro.



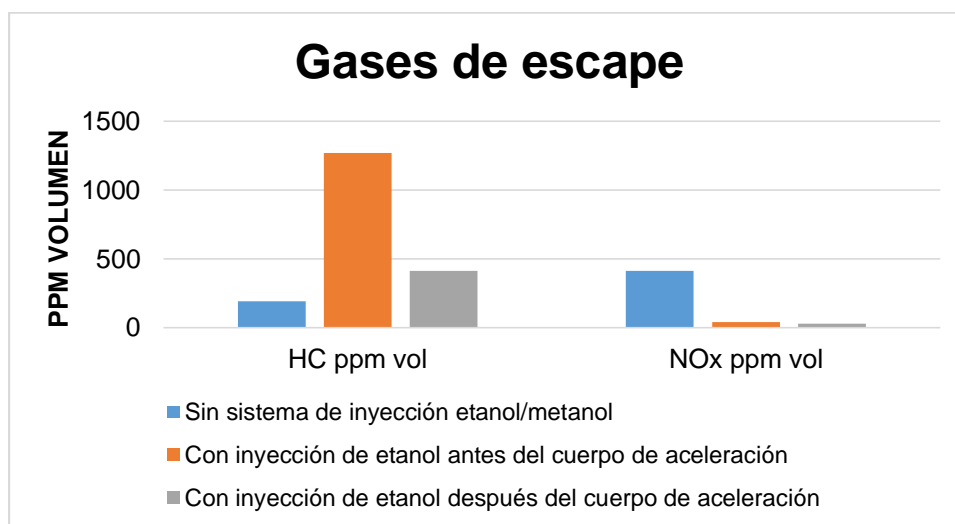
**Figura 186.** Análisis del factor Lambda a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol

Al inyectar 28 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido incrementa en 3,35% Vol, el gas Óxido de carbono aumenta en 3.4% de volumen, el gas Dióxido de carbono disminuye en 0.7% de volumen, el gas Oxígeno decrece en 2.14% de volumen. Al inyectar 44 ms de etanol después del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido reduce en 0,32% Vol, el gas Óxido de carbono disminuye en 0.27% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 1.6% de volumen, el gas Oxígeno decrece en 2.4% de volumen.



**Figura 187.** Análisis de COcorr, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol

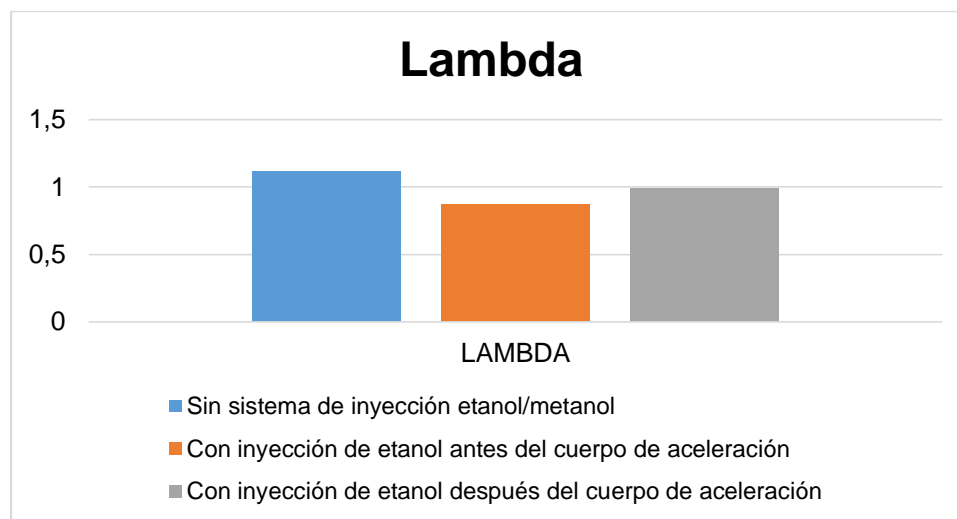
En la figura 188 se observa que al inyectar 28 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 1077 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 374 ppm de volumen. Al inyectar 44 ms de etanol después del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Hidrocarburo crece en 221 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno decrece en 386 ppm de volumen.



**Figura 188.** Análisis de HC y NO<sub>x</sub> a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol

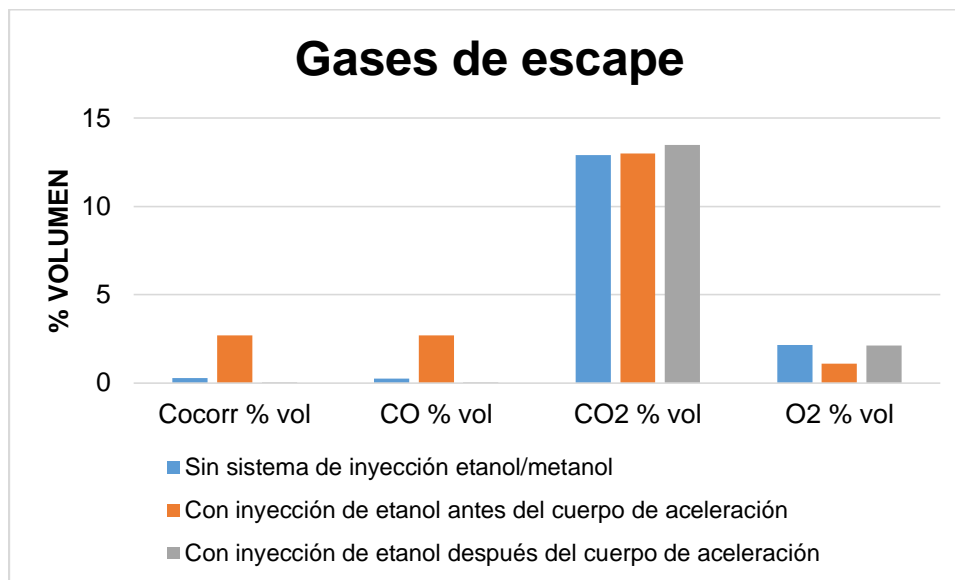


Al inyectar 28 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el factor Lambda disminuyó en 0.247 el cual indica que existe una mezcla pobre en el cilindro del motor. Al inyectar 44 ms de etanol después del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el factor Lambda disminuyó en 0.127 así demuestra que existe una mezcla pobre en el sistema



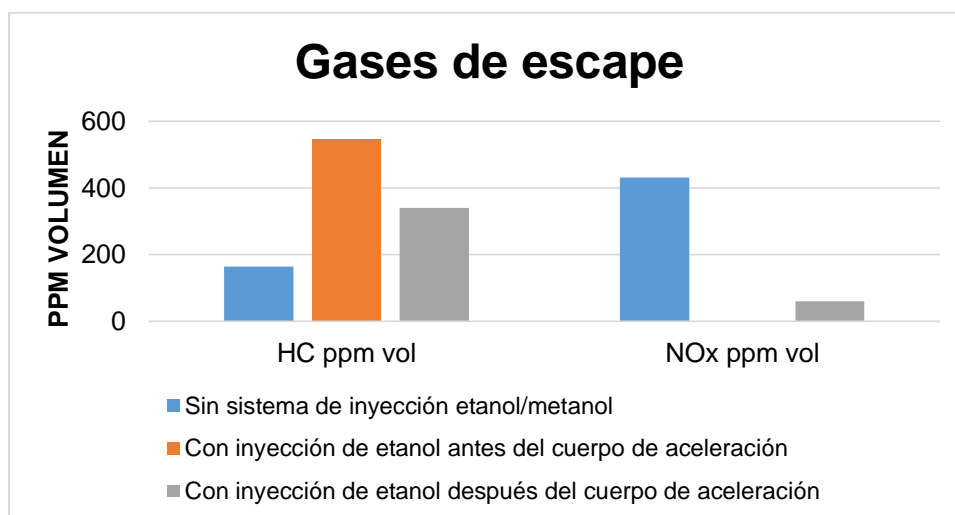
**Figura 189.** Análisis del factor Lambda a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol

En la figura 190 se observa que al inyectar 36 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido incrementa en 2,42% Vol, el gas Óxido de carbono incrementa en 2.45% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 0.1% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 1.05% de volumen. Al inyectar 36 ms de etanol después del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido disminuye en 0,26% Vol, el gas Óxido de carbono disminuye en 0.23% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 0.6% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 0.03% de volumen.



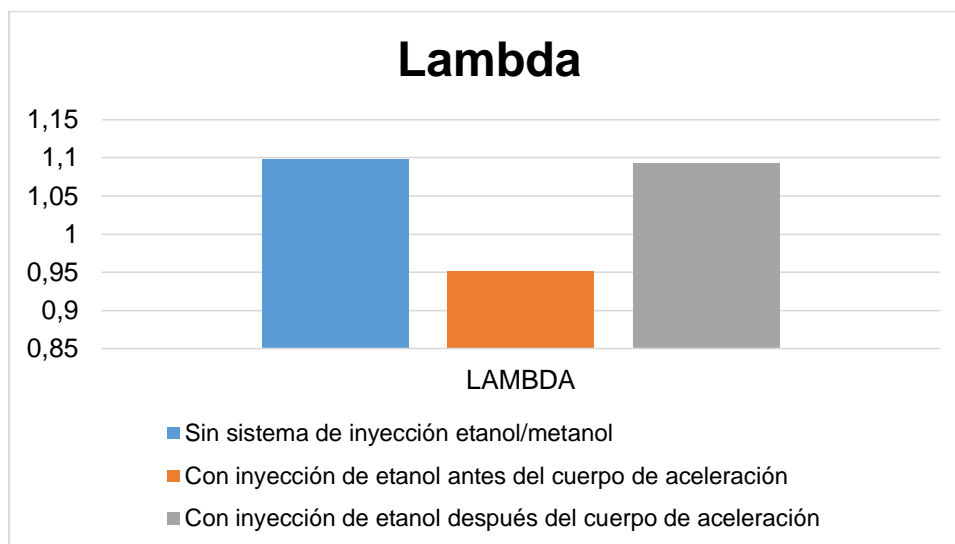
**Figura 190.** Análisis de COcorr, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol

Al inyectar 36 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 382 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuyó a cero partículas por millón de volumen. Al inyectar 36 ms de etanol después del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 176 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 372 ppm de volumen



**Figura 191.** Análisis de HC y NO<sub>x</sub> a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol

En la figura 192 se observa que al inyectar 36 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el factor Lambda disminuyó en 0.146 el cual indica que existe una mezcla pobre en el cilindro del motor. Al inyectar 36 ms de etanol después del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el factor Lambda disminuyó en 0.005 así demuestra que existe una mezcla rica en el sistema.



**Figura 192.** Análisis del factor Lambda a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol

### b. Análisis y comparación de gases de escape con y sin el sistema de inyección de metanol

**Tabla 67**

*Comparación de gases de escape con y sin el sistema de inyección de metanol*

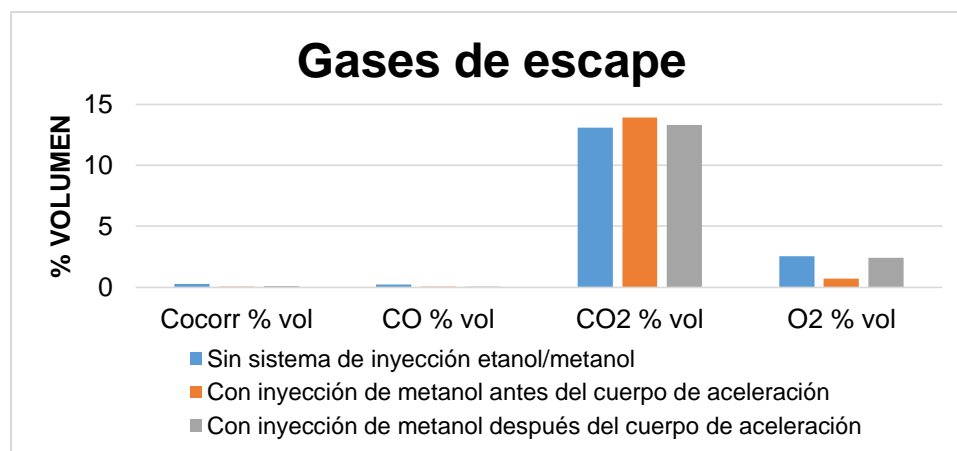
Sin sistema de inyección etanol/metanol							
r.p.m.	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol
3000	0,26	1,117	0,23	13,1	157	2,52	480
4000	0,41	1,122	0,36	12,8	193	2,7	415
5000	0,27	1,098	0,24	12,9	163	2,14	431
Con inyección de metanol antes del cuerpo de aceleración							

r.p.m.	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NO ppm Vol	Tiempos de inyección (ms)
3000	0,01	1,023	0,01	13,9	301	0,72	163	12
4000	0,09	0,982	0,09	14,9	461	0,05	0	20
5000	1,51	0,939	1,51	13,6	491	0,03	18	44

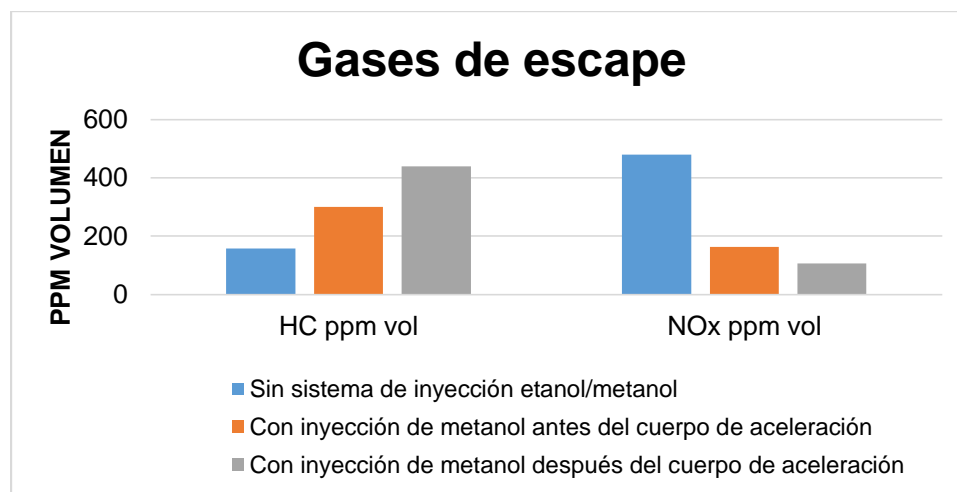
Con inyección de metanol después del cuerpo de aceleración								
r.p.m.	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NO ppm Vol	Tiempos de inyección (ms)
3000	0,07	1,103	0,06	13,3	440	2,41	106	20
4000	2,92	0,892	2,92	13,1	823	0,04	143	36
5000	0,79	0,953	0,79	14,3	749	0,1	39	20

Al inyectar 12 ms de metanol antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido disminuye en 0,25% Vol, el gas Óxido de carbono disminuye en 0.22% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 0.8% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 1.8% de volumen. Al inyectar 20 ms de metanol después del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido disminuye en 0,19% Vol, el gas Óxido de carbono disminuye en 0.17% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 0.2% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 0.11% de volumen.



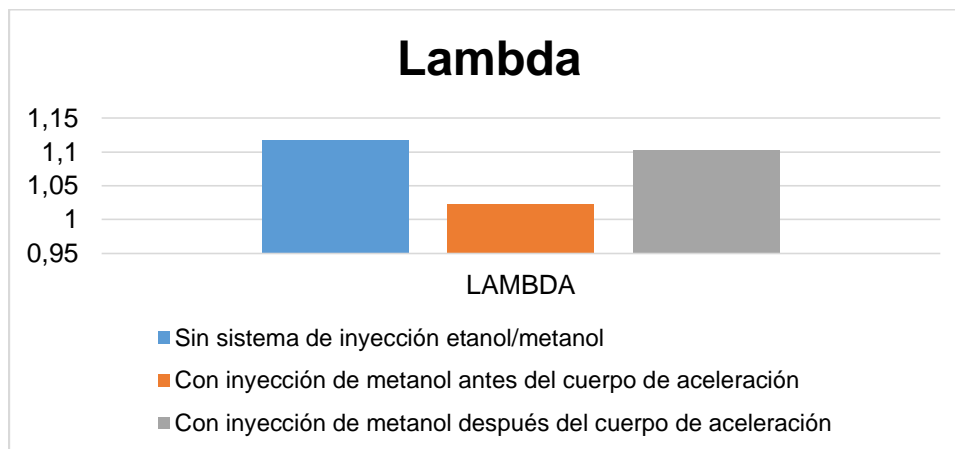
**Figura 193.** Análisis de COcorr, CO, CO2, O2 a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol

En la figura 194 se observa que al inyectar 12 ms de metanol antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 144 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 317 ppm de volumen. Al inyectar 20 ms de metanol después del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 283 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 374 ppm de volumen.



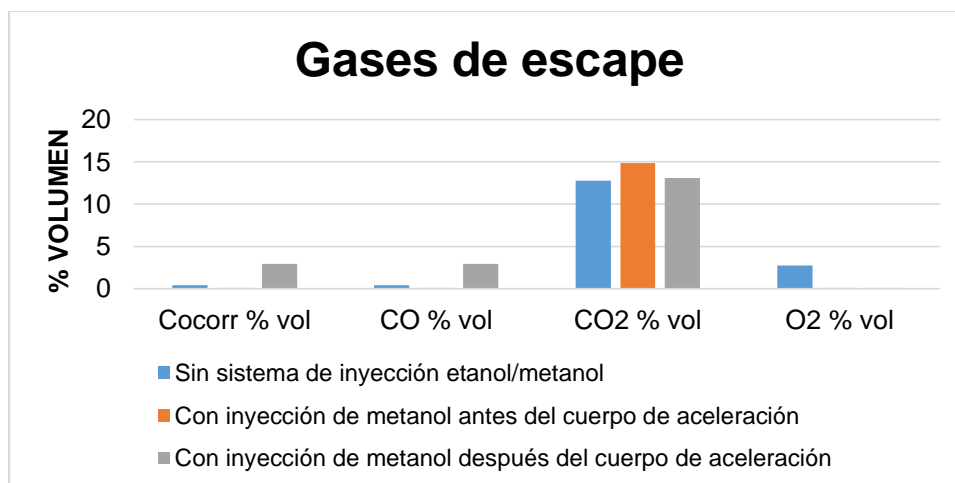
**Figura 194.** Análisis de HC y NOx a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol

Al inyectar 12 ms de metanol antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el factor Lambda disminuyó en 0.094 el cual indica que existe una mezcla rica en el motor. Al inyectar 20 ms de metanol después del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el factor Lambda disminuyó en 0.014 así demuestra que existe una mezcla rica en el cilindro.



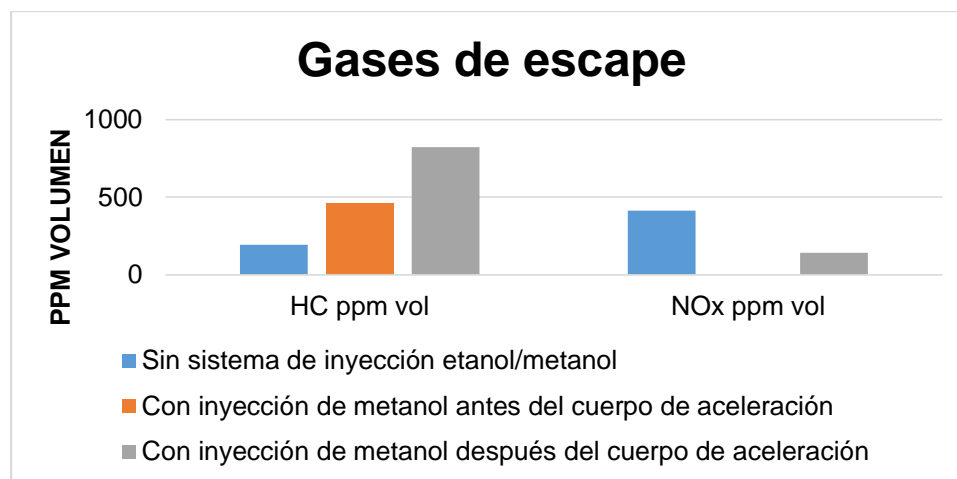
**Figura 195.** Análisis del factor Lambda a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol

En la figura 196 se observa que al inyectar 20 ms de metanol antes del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido disminuye en 0,32% Vol, el gas Óxido de carbono disminuye en 0.27% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 2.1% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 2.65% de volumen. Al inyectar 36 ms de metanol después del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido incrementa en 2,51% Vol, el gas Óxido de carbono incrementa en 2.56% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 0.3% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 2.66% de volumen.



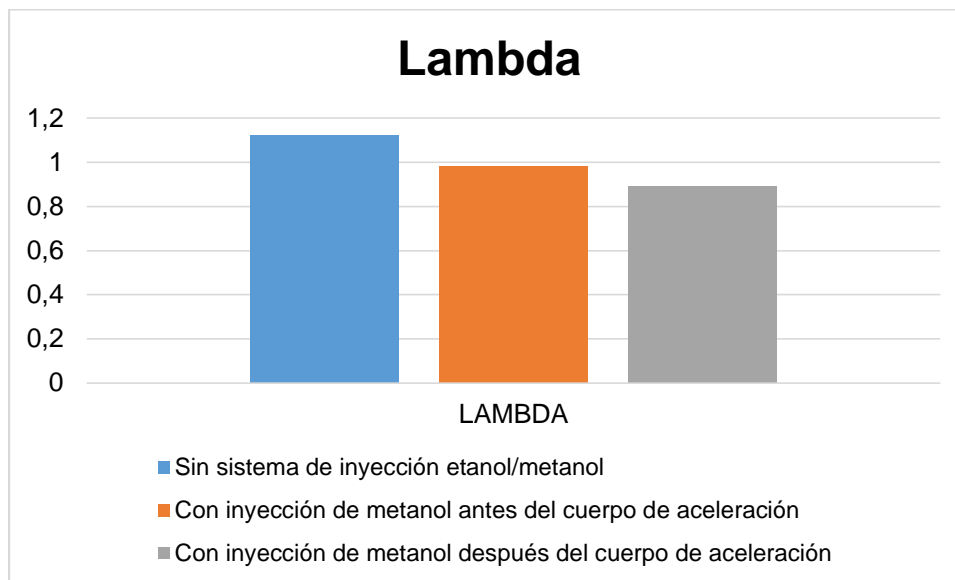
**Figura 196.** Análisis de COcorr, CO, CO2, O2 a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol

Al inyectar 20 ms de metanol antes del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 268 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye a cero partes por millón de volumen. Al inyectar 36 ms de metanol después del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 630 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 272 ppm de volumen



**Figura 197.** Análisis de HC y NOx a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol

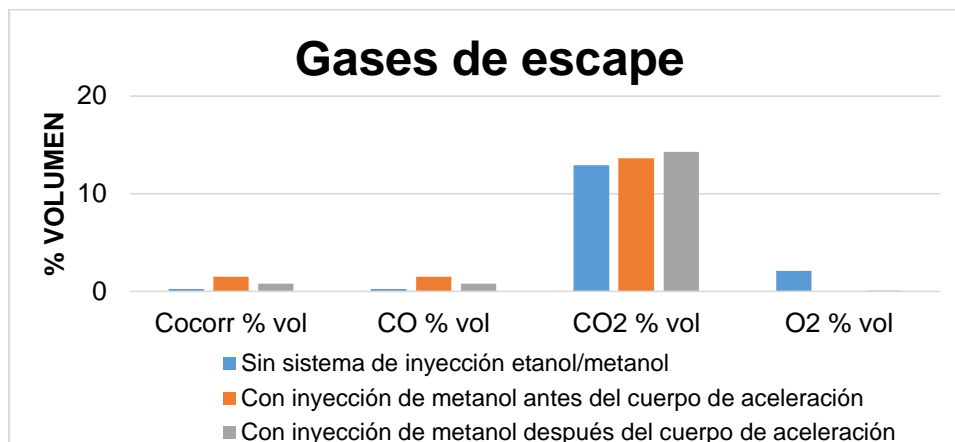
En la figura 198 se observa que al inyectar 20 ms de metanol antes del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el factor Lambda disminuyó en 0.14 el cual indica que existe una mezcla pobre en el motor. Al inyectar 36 ms de metanol después del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el factor Lambda disminuyó en 0.23 así demuestra que existe una mezcla pobre en el sistema.



**Figura 198.** Análisis del factor Lambda a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol

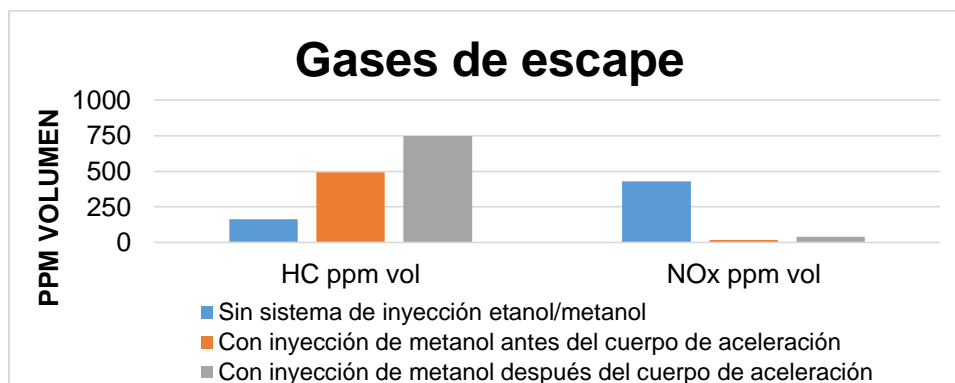
Al inyectar 44 ms de metanol antes del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido incrementa en 1,24% Vol, el gas Óxido de carbono incrementa en 1.27% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 0.7% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 2.11% de volumen. Al inyectar 20 ms de metanol después del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido incrementa en 0,52% Vol, el gas Óxido de carbono incrementa en 0.55% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 1.4% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 2.04% de volumen.





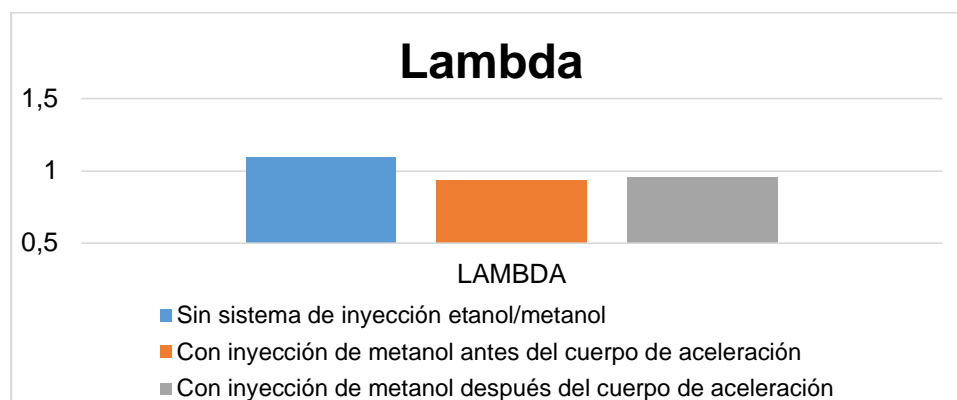
**Figura 199.** Análisis de COcorr, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol

En la figura 200 se observa que al inyectar 44 ms de metanol antes del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 328 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 413 ppm de volumen. Al inyectar 20 ms de metanol después del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 586 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 392 ppm de volumen



**Figura 200.** Análisis de HC y NO<sub>x</sub> a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol

Al inyectar 44 ms de metanol antes del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el factor Lambda disminuyó en 0.159 el cual indica que existe una mezcla pobre en el motor. Al inyectar 20 ms de metanol después del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el factor Lambda disminuyó en 0.145 así demuestra que existe una mezcla pobre en el sistema.



**Figura 201.** Análisis del factor Lambda a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de metanol

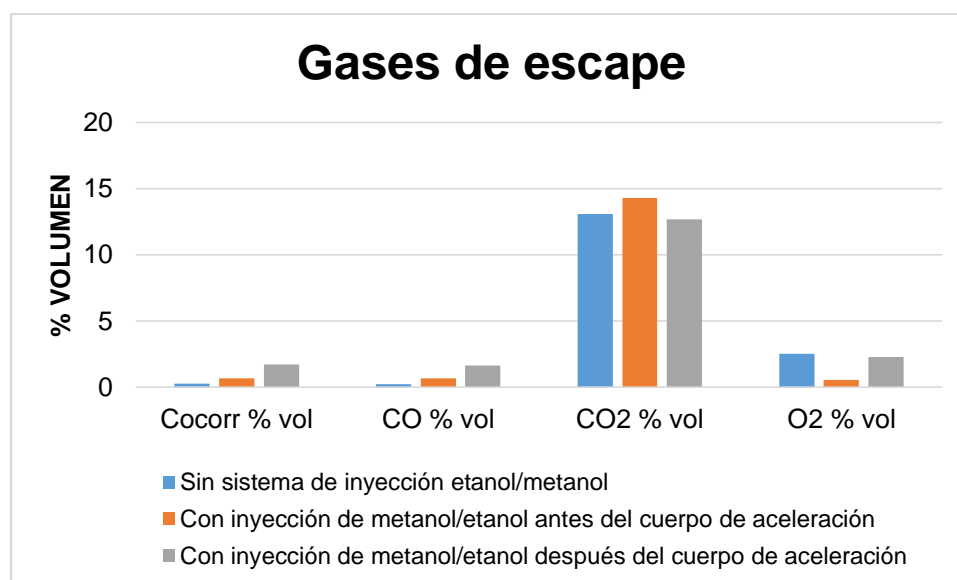
### c. Análisis y comparación de gases de escape con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol

**Tabla 68**

*Comparación de gases de escape con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol*

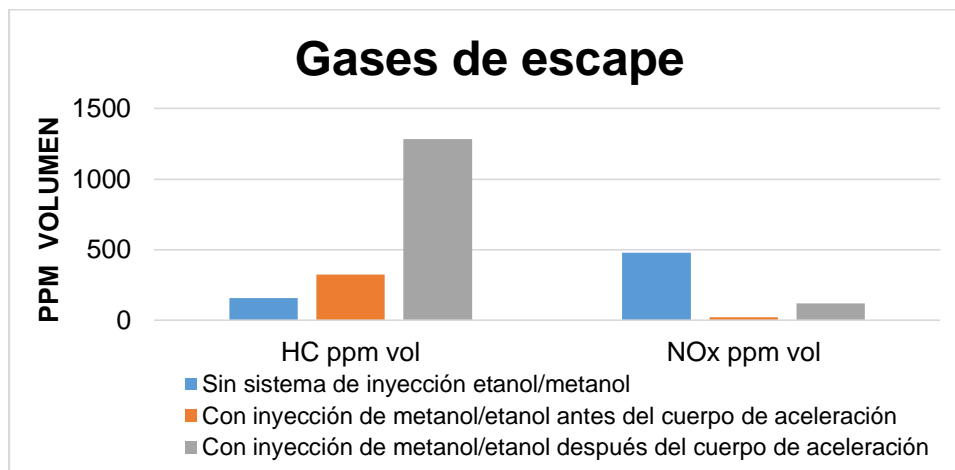
Sin sistema de inyección etanol/metanol								
r.p.m.	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol	
3000	0,26	1,117	0,23	13,1	157	2,52	480	
4000	0,41	1,122	0,36	12,8	193	2,7	415	
5000	0,27	1,098	0,24	12,9	163	2,14	431	
Con inyección de etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración								
r.p.m.	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol	Tiempos de inyección (ms)
3000	0,66	0,993	0,66	14,3	324	0,54	21	20/36
4000	3,01	1,004	2,99	11,9	863	2,76	17	12/36
5000	2,64	1,005	2,64	12,4	597	2,32	72	44/36
Con inyección de etanol/metanol después del cuerpo de aceleración								
r.p.m.	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol	Tiempos de inyección (ms)
3000	1,72	1,007	1,64	12,7	1285	2,29	119	20/44
4000	0,17	1,048	0,15	13,1	844	1,75	49	28/28
5000	1,09	1,024	3,65	11,2	1498	1,18	22	20/36

En la figura 202 se observa que al inyectar 20 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido incrementa en 0,4% Vol, el gas Óxido de carbono incrementa en 0.43% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 1.2% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 1.98% de volumen. Al inyectar 20 y 44 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido incrementa en 1,46% Vol, el gas Óxido de carbono incrementa en 1.41% de volumen, el gas Dióxido de carbono disminuye en 0.4% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 0.23% de volumen.



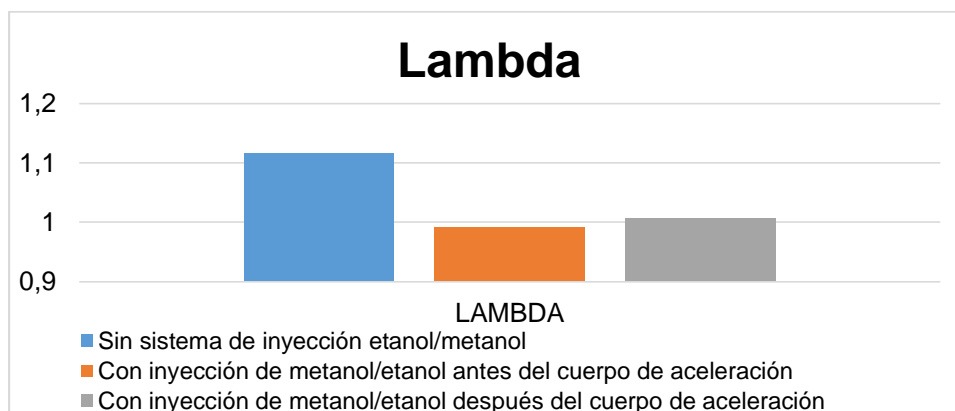
**Figura 202.** Análisis de COcorr, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol

Al inyectar 20 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 167 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 459 ppm de volumen. Al inyectar 20 y 44 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 870 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 361 ppm de volumen.



**Figura 203.** Análisis de HC y NOx a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol

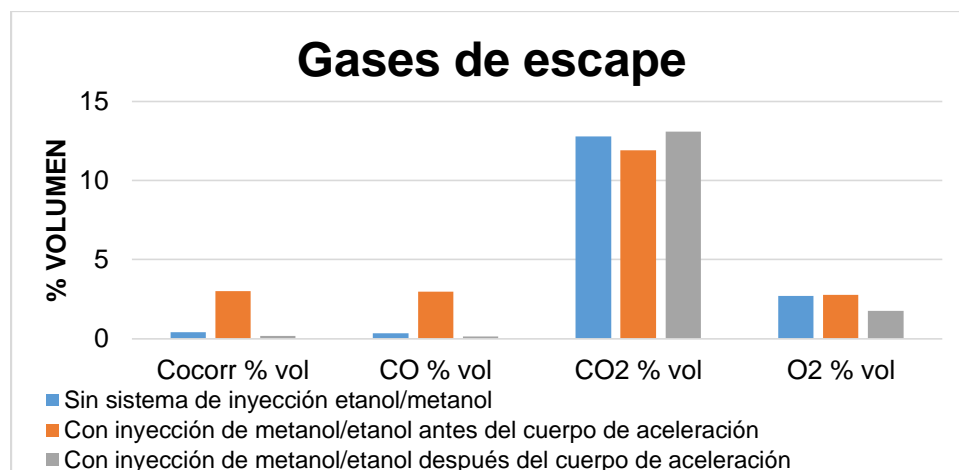
En la figura 204 se observa que al inyectar 20 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m. el factor Lambda disminuyó en 0.124 el cual indica que existe una mezcla pobre en el motor. Al inyectar 20 y 44 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m. el factor Lambda disminuyó en 0.11 así demuestra que existe una mezcla rica en el motor.



**Figura 204.** Análisis del factor Lambda a 3000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol

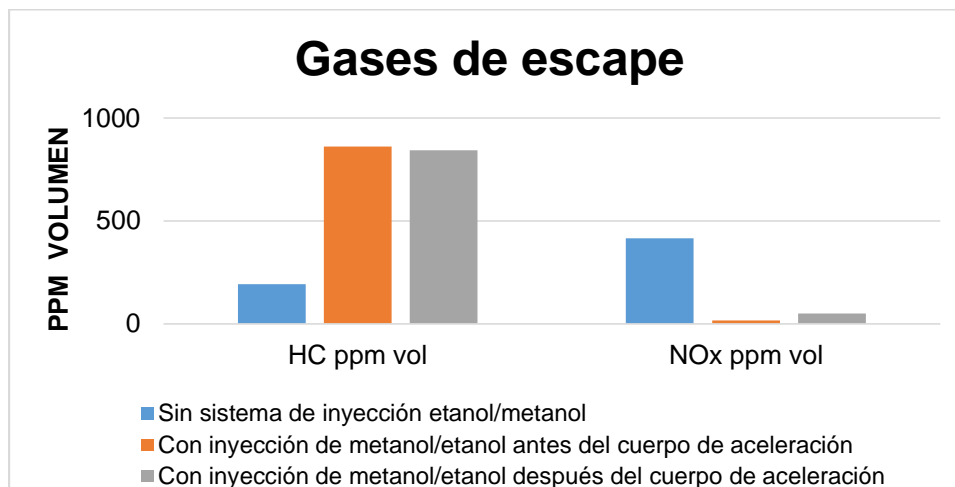
Al inyectar 12 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido incrementa en 2,6% Vol,

el gas Óxido de carbono incrementa en 2.63% de volumen, el gas Dióxido de carbono disminuye en 0.9% de volumen, el gas Oxígeno incrementa en 0.06% de volumen. Al inyectar 28 y 28 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido disminuye en 0,24% Vol, el gas Óxido de carbono disminuye en 0.21% de volumen, el gas Dióxido de carbono incrementa en 0.3% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 0.95% de volumen.



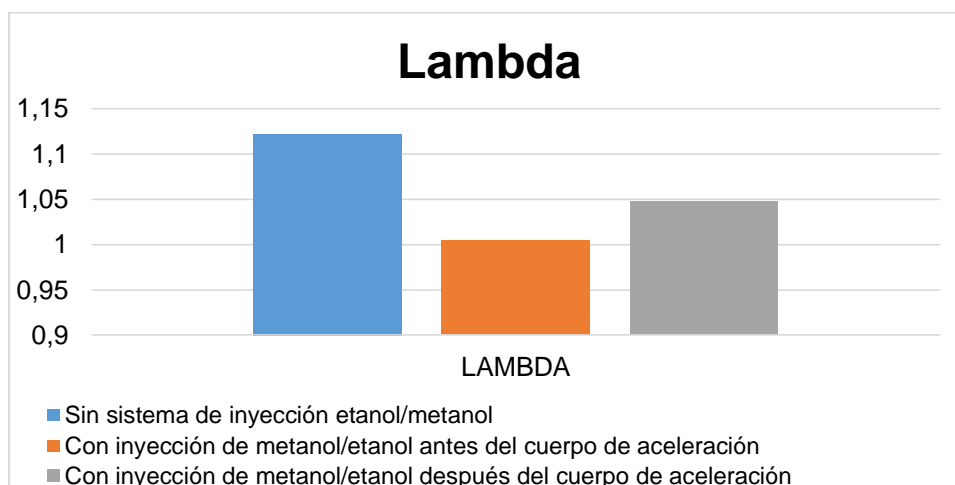
**Figura 205.** Análisis de COcorr, CO, CO2, O2 a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol

En la figura 206 se observa que al inyectar 12 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 670 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 398 ppm de volumen. Al inyectar 28 y 28 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 651 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 366 ppm de volumen.



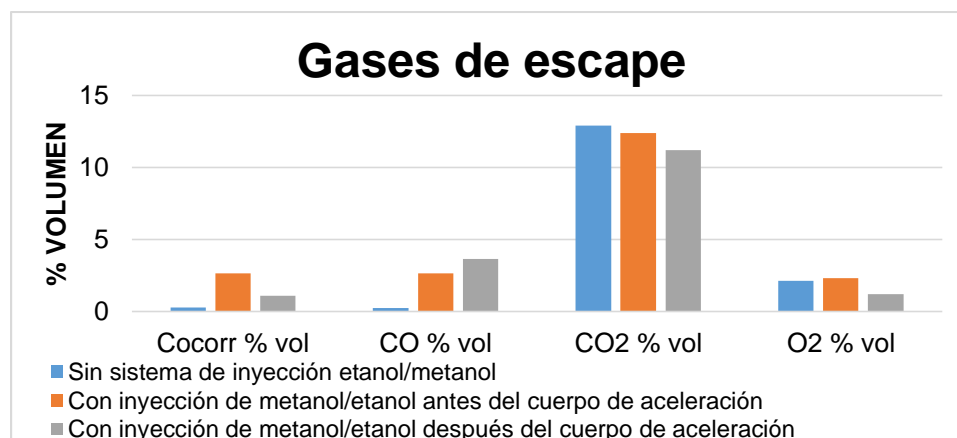
**Figura 206.** Análisis de HC y NOx a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol

Al inyectar 12 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m. el factor Lambda disminuyó en 0.118 el cual indica que existe una mezcla rica en el motor. Al inyectar 28 y 28 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m. el factor Lambda disminuyó en 0.074 así demuestra que existe una mezcla rica en el motor.



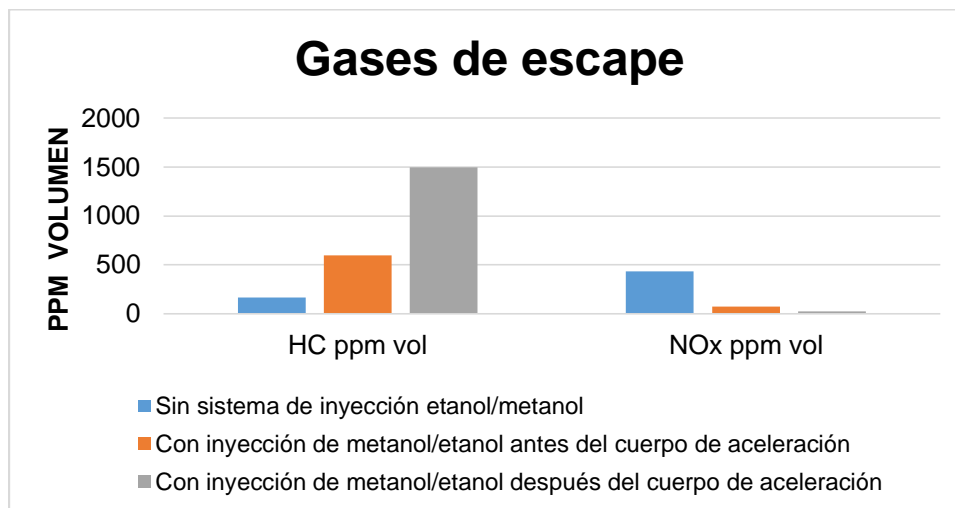
**Figura 207.** Análisis del factor Lambda a 4000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol

En la figura 208 se observa que al inyectar 44 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido incrementa en 2,37% Vol, el gas Óxido de carbono incrementa en 2.4% de volumen, el gas Dióxido de carbono disminuye en 0.5% de volumen, el gas Oxígeno incrementa en 0.18% de volumen. Al inyectar 20 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Óxido de carbono corregido incrementa en 0,82% Vol, el gas Óxido de carbono incrementa en 3.41% de volumen, el gas Dióxido de carbono disminuye en 1.7% de volumen, el gas Oxígeno disminuye en 0.96% de volumen.



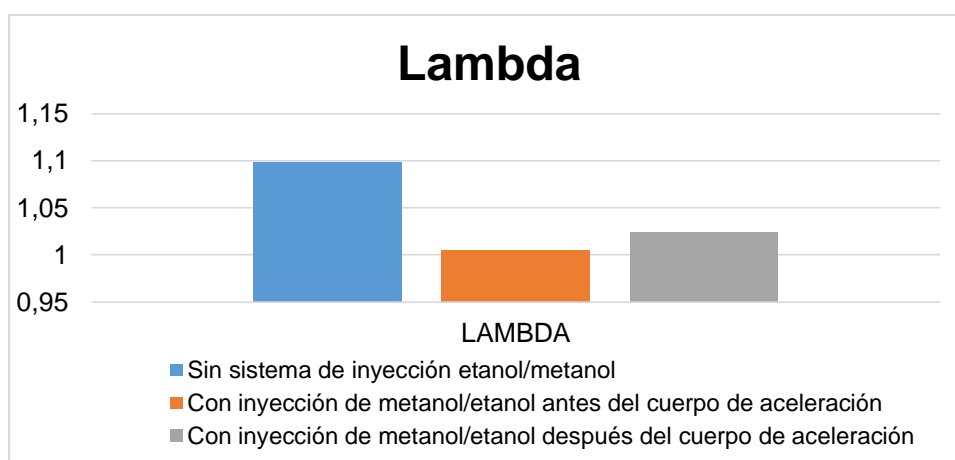
**Figura 208.** Análisis de COcorr, CO, CO2, O2 a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol

Al inyectar 44 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 166 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 359 ppm de volumen. Al inyectar 20 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 1335 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 409 ppm de volumen.



**Figura 209.** Análisis de HC y NOx a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol

En la figura 210 se observa que al inyectar 44 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m. el factor Lambda disminuyó en 0.093 el cual indica que existe una mezcla pobre en el motor. Al inyectar 20 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m. el factor Lambda disminuyó en 0.074 así demuestra que existe una mezcla rica en el sistema.



**Figura 210.** Análisis del factor Lambda a 5000 r.p.m. con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol



#### 4.5.2. Análisis termográfico y comparación con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol.

En el presente análisis termográfico se toma como referencia la temperatura sin la inyección de etanol/metanol de las diferentes partes a estudiar del sistema de admisión y sistema de escape con las temperaturas generadas con el sistema de inyección etanol/metanol

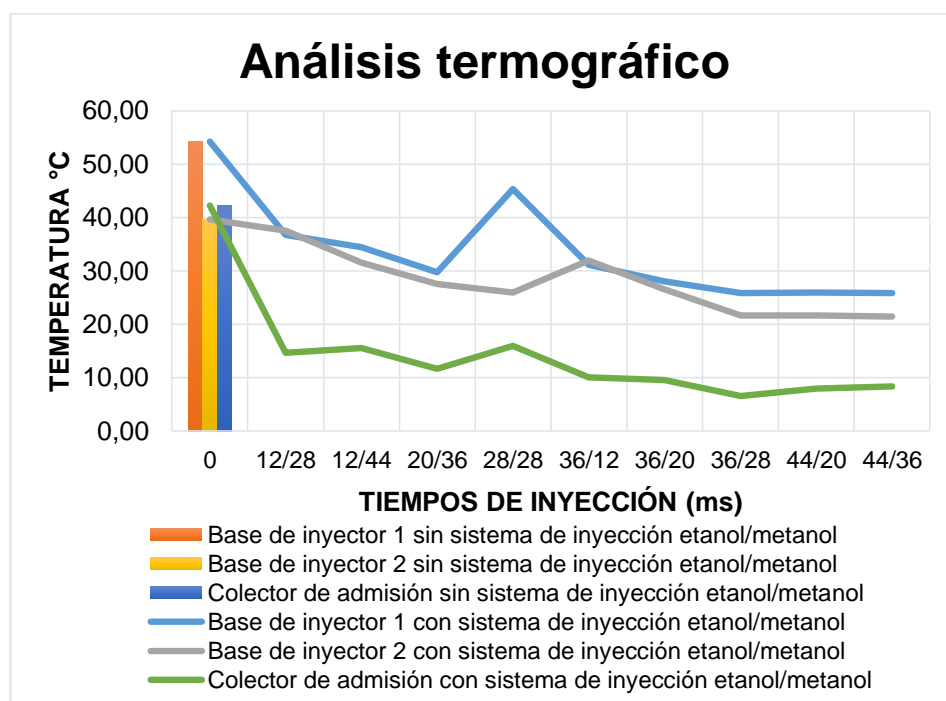
##### a. Antes del cuerpo de aceleración

**Tabla 69**

*Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración a 3000 r.p.m.*

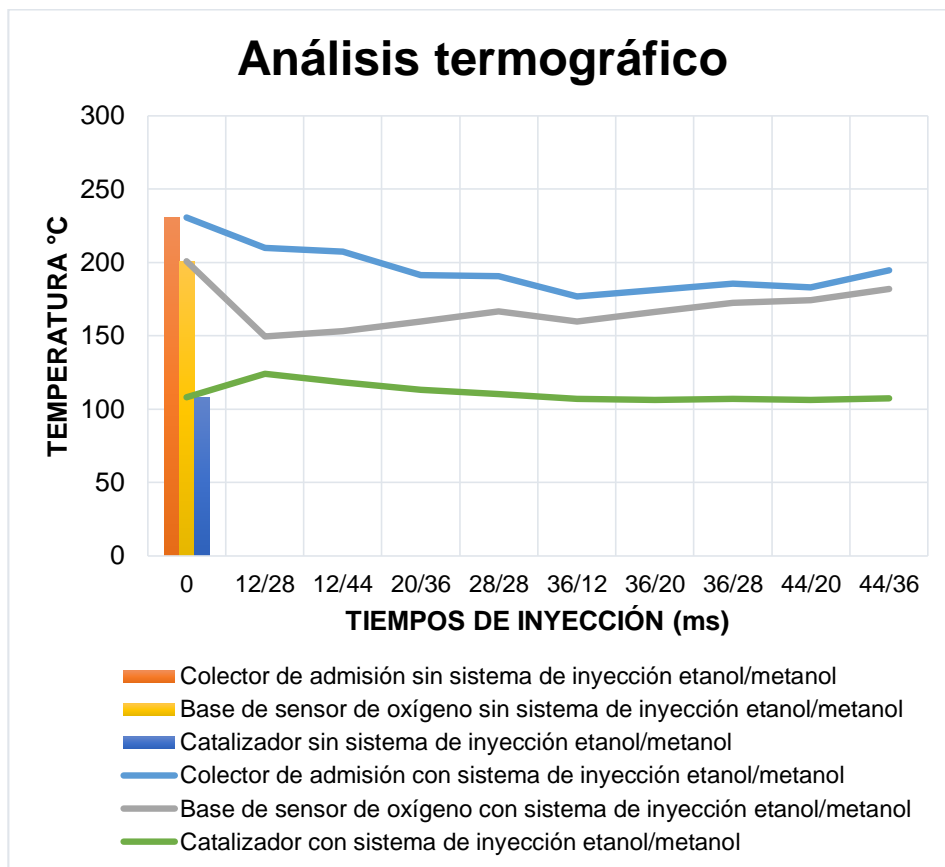
Sin el sistema de inyección etanol/metanol							
r.p.m.	Sistema de admisión			Sistema de escape			
	Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador	
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
3000	54,20	39,6	42,2	230,6	200,7	108,30	
Con el sistema de inyección etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración							
r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de admisión			Sistema de escape		
		Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
		Tiempos de inyección (ms)	°C	°C	°C	°C	°C
3000	12/28	36,7	37,5	14,7	209,8	149,7	124
	12/44	34,4	31,6	15,6	207,4	153,4	118,3
	20/36	29,8	27,6	11,7	191,5	159,6	113,2
	28/28	45,3	26	16	190,6	166,7	110,3
	36/12	31,2	32	10,1	176,7	159,7	107,2
	36/20	28,1	26,6	9,6	181,1	166,5	106,3
	36/28	25,9	21,7	6,6	185,5	172,6	107,2
	44/20	26	21,7	8	182,9	174,2	106,2
	44/36	25,9	21,5	8,4	194,6	182,1	107,4

En la figura 214 se puede observar que al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol antes del cuerpo de aceleración y a 3000 r.p.m., la base de inyectores 1 disminuyó su temperatura de 54,20°C hasta 25,9°C, la base de inyectores 2 disminuyó su temperatura de 39,6°C hasta 21,5°C, el colector de admisión disminuyó su temperatura de 42,2°C hasta 6,6°C, se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.



**Figura 211.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

Al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol antes del cuerpo de aceleración y a 3000 r.p.m., el colector de escape disminuyó su temperatura de 230,6°C hasta 176,7°C, la base del sensor de oxígeno disminuyó su temperatura de 200,7°C hasta 149,7°C, catalizador disminuyó su temperatura de 108,30°C hasta 106,2°C, se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.



**Figura 212.** Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

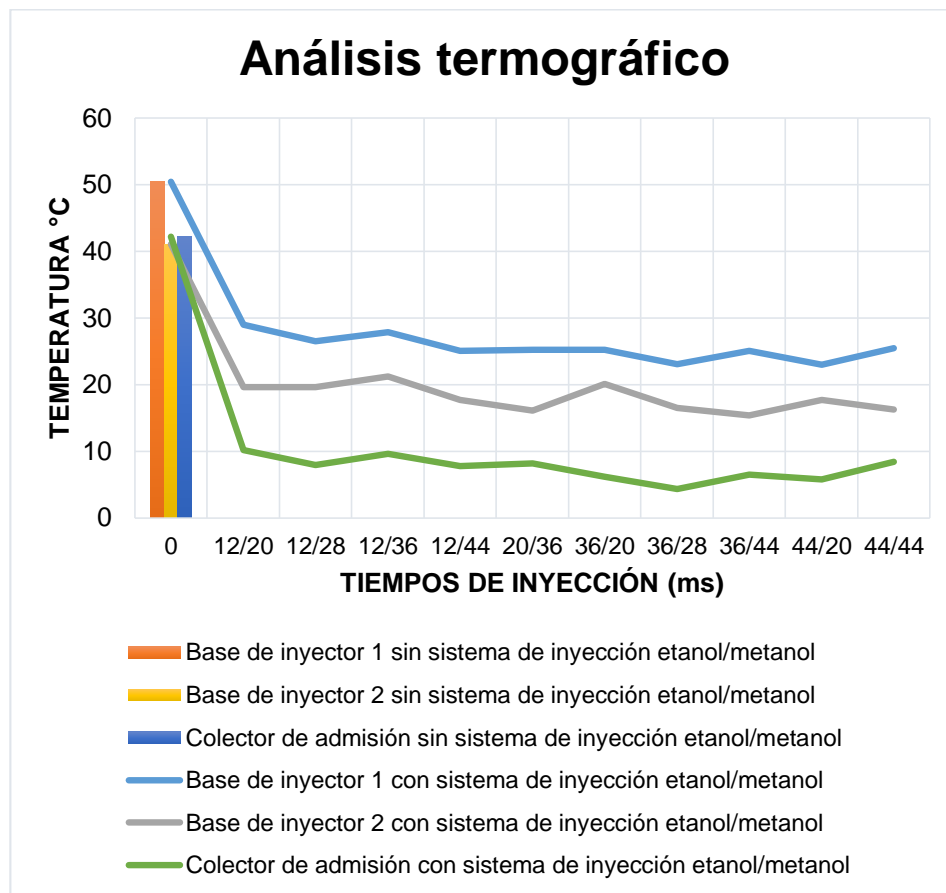
**Tabla 70**

Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración a 4000 r.p.m.

Sin el sistema de inyección etanol/metanol						
r.p.m.	Sistema de admisión			Sistema de escape		
	Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
	°C	°C	°C	°C	°C	°C
4000	50,5	41,1	42,2	291,4	282,2	122,6
Con el sistema de inyección etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración						
Sistema de admisión			Sistema de escape			

r.p.m.	Etanol/Metanol	Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
	Tiempos de inyección (ms)	°C	°C	°C	°C	°C	°C
4000	12/20	29	19,6	10,2	196,6	189,8	106
	12/28	26,5	19,6	7,9	197,4	190,6	103,8
	12/36	27,9	21,2	9,6	195,4	198,2	109,8
	12/44	25,1	17,7	7,8	202,4	188,5	111,3
	20/36	25,2	16,1	8,2	194,7	189,1	112,7
	36/20	25,2	20,1	6,2	195,2	195,7	111,9
	36/28	23,1	16,5	4,3	201,6	194,9	110,3
	36/44	25,1	15,4	6,5	200,7	202,5	112,6
	44/20	23	17,7	5,8	198,3	207,2	115,7
	44/44	25,5	16,3	8,4	202,4	208,8	115,7

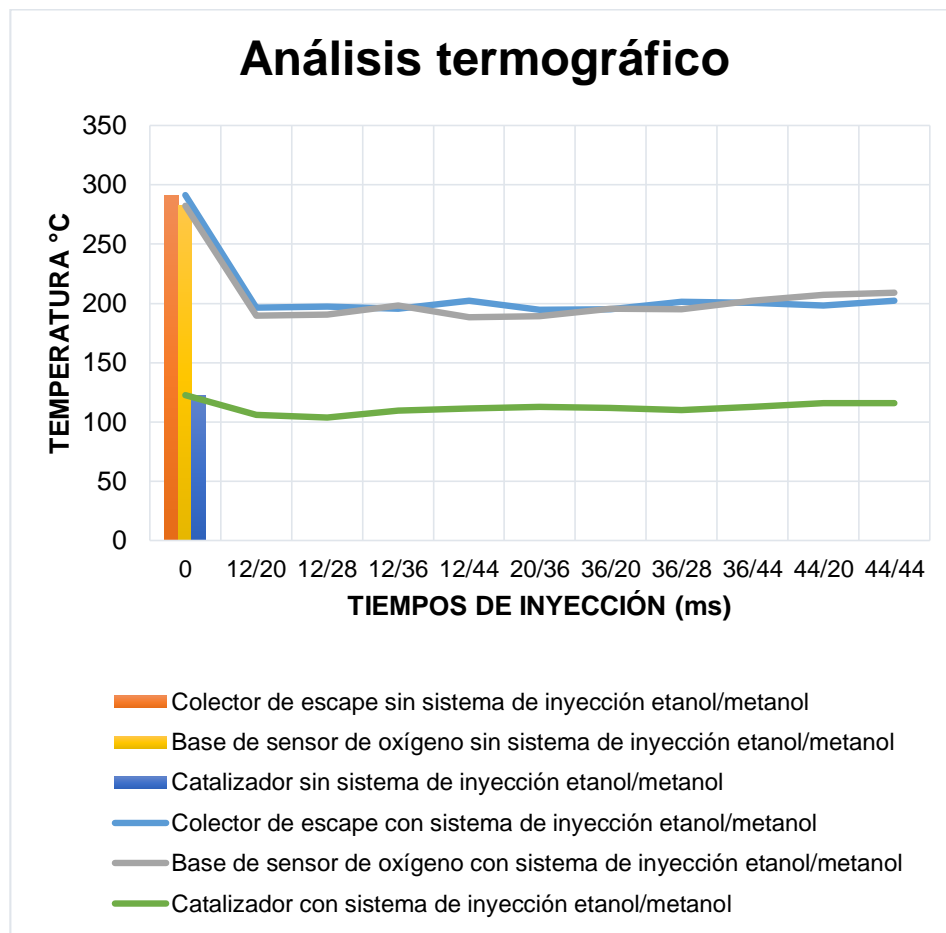
En la figura 213 se puede observar que al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol antes del cuerpo de aceleración y a 4000 r.p.m., la base de inyectores 1 disminuyó su temperatura de 50,5°C hasta 23°C, la base de inyectores 2 disminuyó su temperatura de 41,1°C hasta 15,4°C, el colector de admisión disminuyó su temperatura de 42,2°C hasta 4,3°C, se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.



**Figura 213.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

Al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol antes del cuerpo de aceleración y a 4000 r.p.m., el colector de escape disminuyó su temperatura de 291,4°C hasta 194,7°C, la base del sensor de oxígeno disminuyó su temperatura de 282,2°C hasta 189,8°C, catalizador disminuyó su temperatura de 122,6°C hasta 103,8°C.

Se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.



**Figura 214.** Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

**Tabla 71**

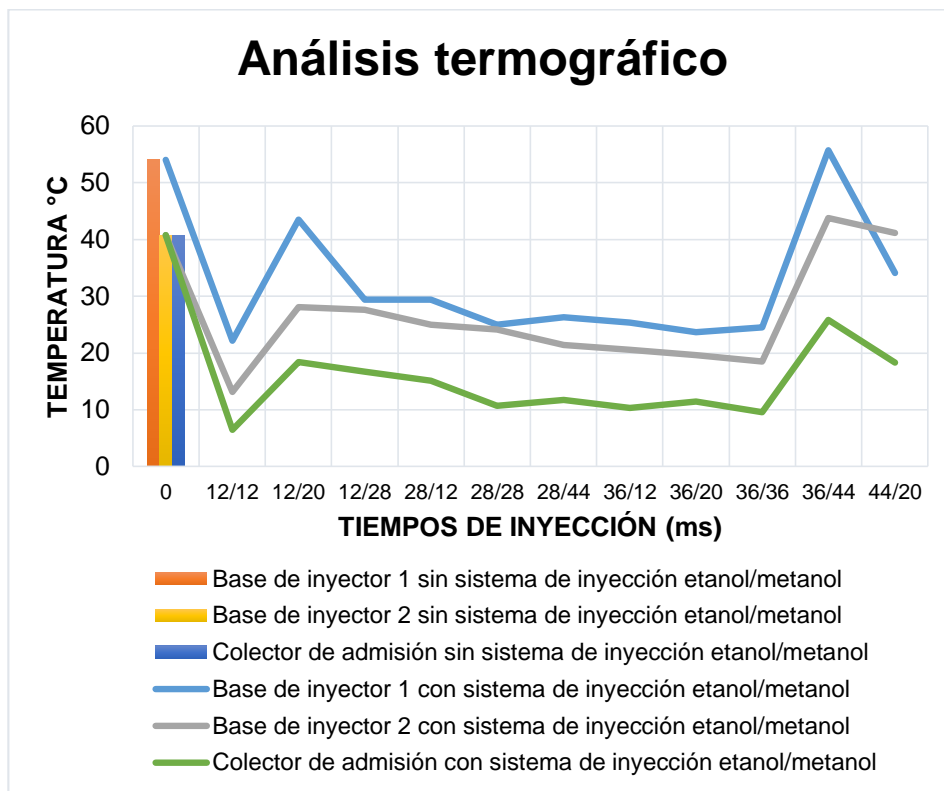
*Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración a 5000 r.p.m.*

r.p.m.	Sin el sistema de inyección etanol/metanol					
	Sistema de admisión			Sistema de escape		
	Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
	°C	°C	°C	°C	°C	°C
5000	54	40,8	40,8	248	263,4	176,4
Con el sistema de inyección etanol/metanol antes del cuerpo de aceleración						

CONTINÚA →

r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de admisión			Sistema de escape		
		Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
		°C	°C	°C	°C	°C	°C
	<b>Tiempos de inyección (ms)</b>						
	12/12	22,2	13,1	6,5	202,6	211,7	113,5
	12/20	43,5	28,1	18,4	197,9	219,2	117,2
	12/28	29,4	27,6	16,7	201,1	220,3	124,9
	28/12	29,4	25	15,1	210,3	231,1	128,5
	28/28	25	24,1	10,7	207,8	231,7	132,9
5000	28/44	26,3	21,4	11,7	198,9	224,1	143,8
	36/12	25,4	20,6	10,3	207,5	221,3	154,4
	36/20	23,7	19,6	11,4	202,7	228,9	169,4
	36/36	24,5	18,5	9,6	209	224,5	190,4
	36/44	55,7	43,8	25,8	207,6	223,4	195,6
	44/20	34,1	41,2	18,3	201,5	224,8	213,7

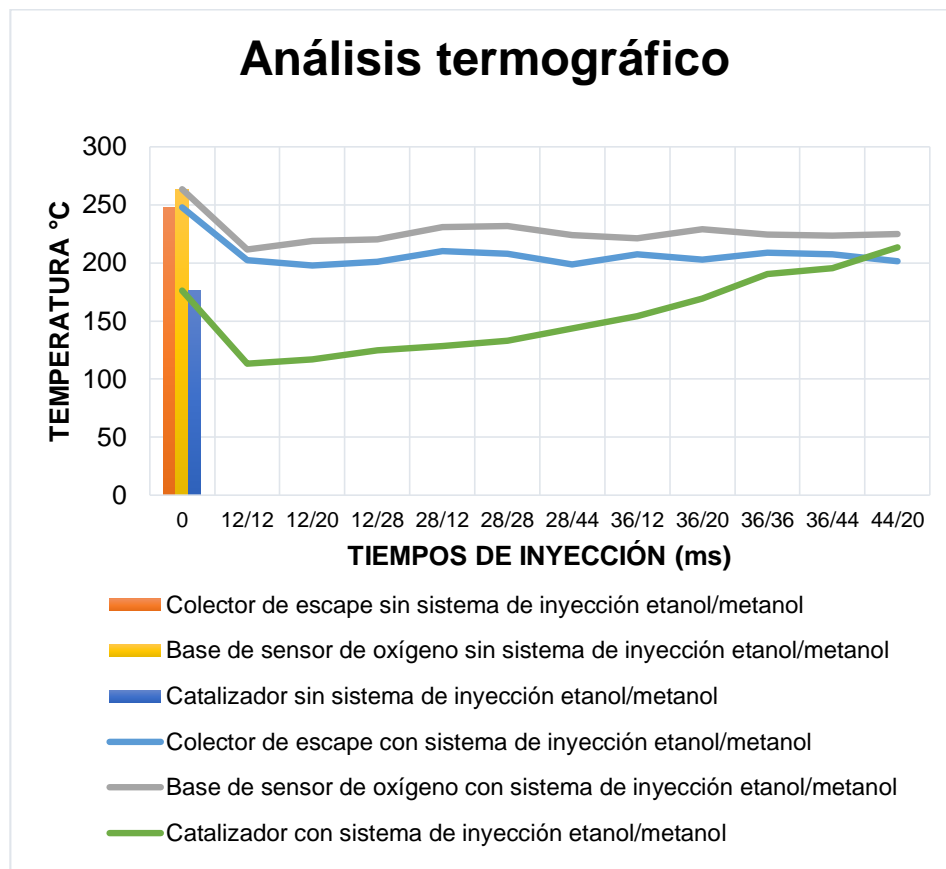
En la figura 215 se puede observar que al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol antes del cuerpo de aceleración y a 5000 r.p.m., la base de inyectores 1 disminuyó su temperatura de 54°C hasta 24,5°C, la base de inyectores 2 disminuyó su temperatura de 40,8°C hasta 13,1°C, el colector de admisión disminuyó su temperatura de 40,8°C hasta 6,5°C, se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.



**Figura 215.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

En la figura 216 se puede observar que al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol antes del cuerpo de aceleración y a 5000 r.p.m., el colector de escape disminuyó su temperatura de 248°C hasta 197,9°C, la base del sensor de oxígeno disminuyó su temperatura de 263,4°C hasta 211,7°C, catalizador disminuyó su temperatura de 176,4°C hasta 113,5°C, se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.





**Figura 216.** Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

#### b. Después del cuerpo de aceleración

**Tabla 72**

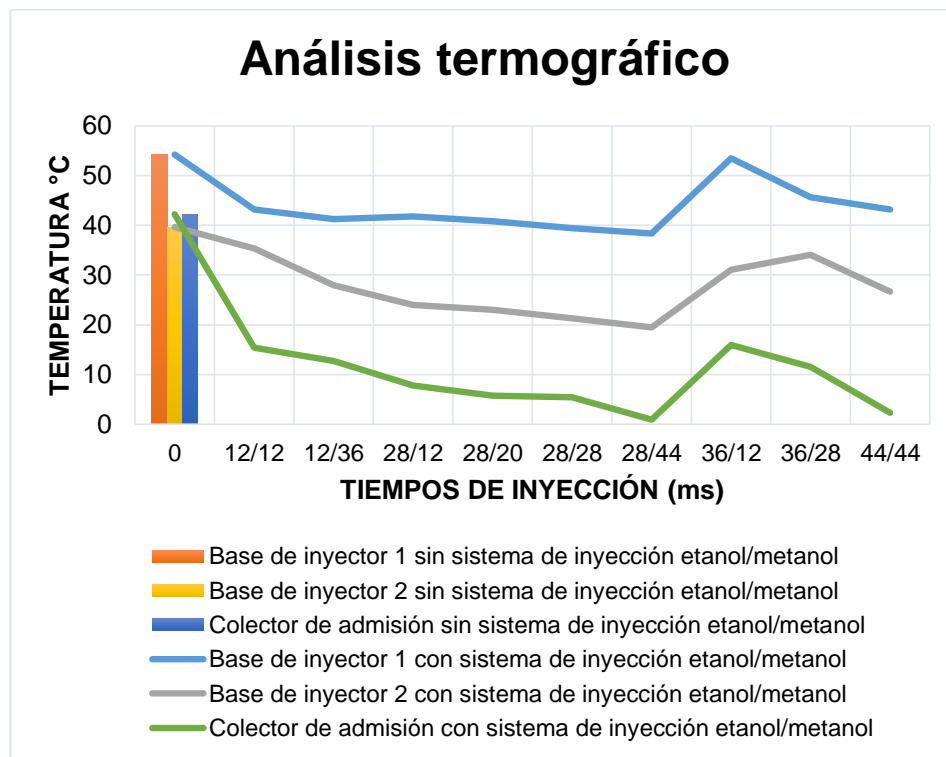
*Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol después del cuerpo de aceleración a 3000 r.p.m.*

r.p.m.	Sin el sistema de inyección etanol/metanol					
	Sistema de admisión			Sistema de escape		
	Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
	°C	°C	°C	°C	°C	°C
3000	54,20	39,6	42,2	230,6	200,7	108,30
Con el sistema de inyección etanol/metanol después del cuerpo de aceleración						

CONTINÚA

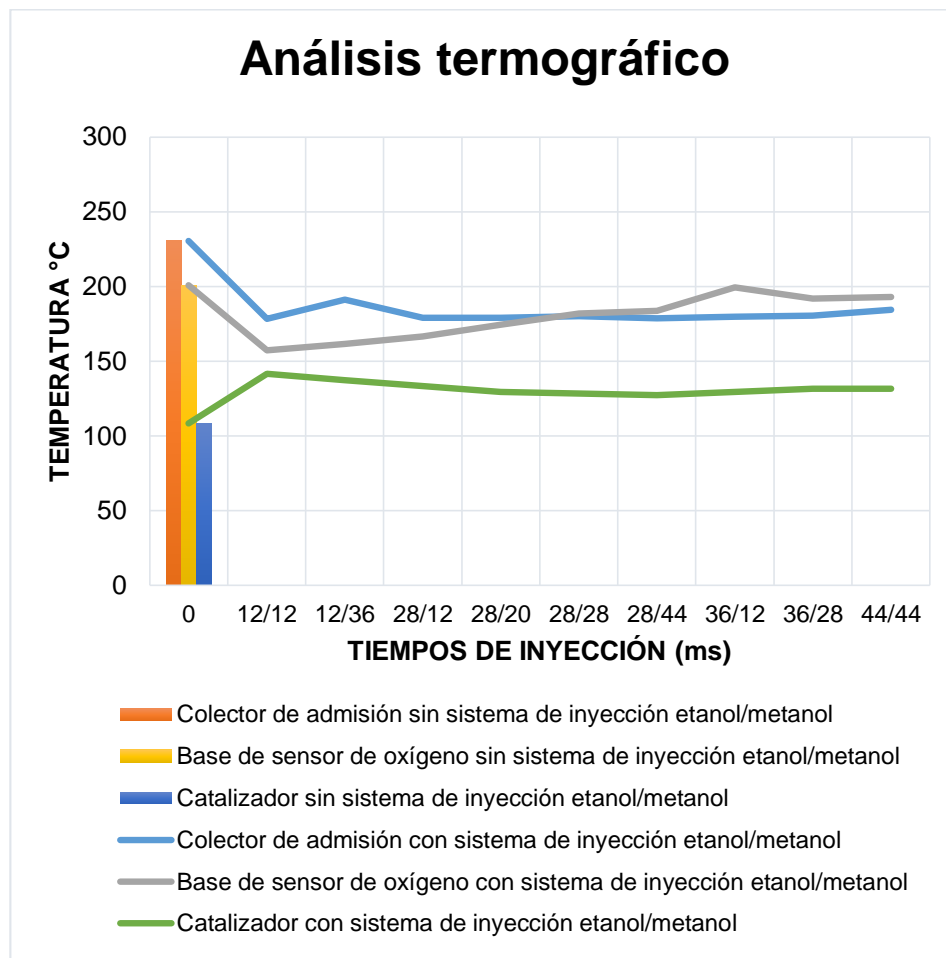
r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de admisión			Sistema de escape		
		Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
		°C	°C	°C	°C	°C	°C
	Tiempos de inyección (ms)						
3000	12/12	43,2	35,3	15,4	178,5	157,5	141,5
	12/36	41,3	27,9	12,7	191,2	161,6	137,5
	28/12	41,8	24	7,8	179,2	166,6	133,5
	28/20	40,8	23	5,7	179,2	174,6	129,5
	28/28	39,4	21,3	5,4	180,3	182	128,3
	28/44	38,4	19,5	0,9	178,8	183,7	127,3

Al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol después del cuerpo de aceleración y a 3000 r.p.m., la base de inyectores 1 disminuyó su temperatura de 54,20°C hasta 38,4°C, la base de inyectores 2 disminuyó su temperatura de 39,6°C hasta 19,5°C, el colector de admisión disminuyó su temperatura de 42,2°C hasta 0,9°C, se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.



**Figura 217.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

En la figura 218 Se puede observar que al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol después del cuerpo de aceleración y a 3000 r.p.m., el colector de escape disminuyó su temperatura de 230,6°C hasta 178,5°C, la base del sensor de oxígeno disminuyó su temperatura de 200,7°C hasta 157,5°C, catalizador incrementó su temperatura de 108,30°C hasta 141,5°C, se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.



**Figura 218.** Análisis termográfico del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

**Tabla 73**

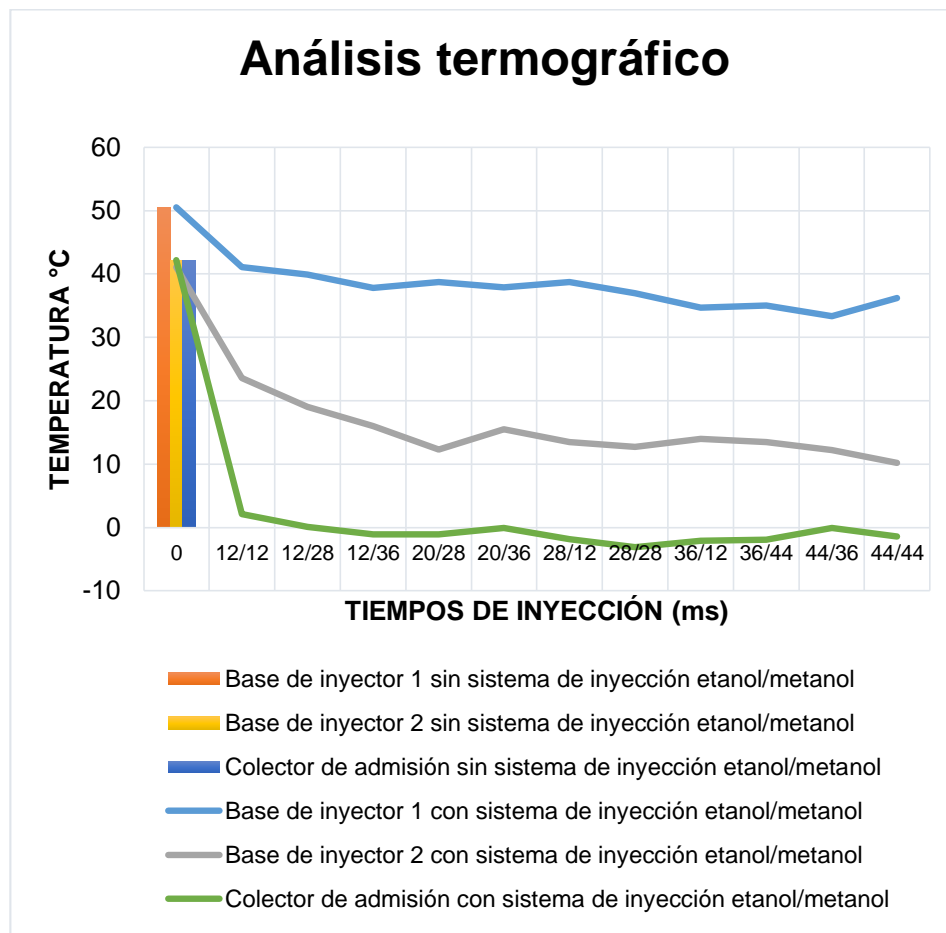
*Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol después del cuerpo de aceleración a 4000 r.p.m.*

Sin el sistema de inyección etanol/metanol						
r.p.m.	Sistema de admisión			Sistema de escape		
	Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
	°C	°C	°C	°C	°C	°C
4000	50,5	41,1	42,2	291,4	282,2	122,6
Con el sistema de inyección etanol/metanol después del cuerpo de aceleración						

CONTINÚA

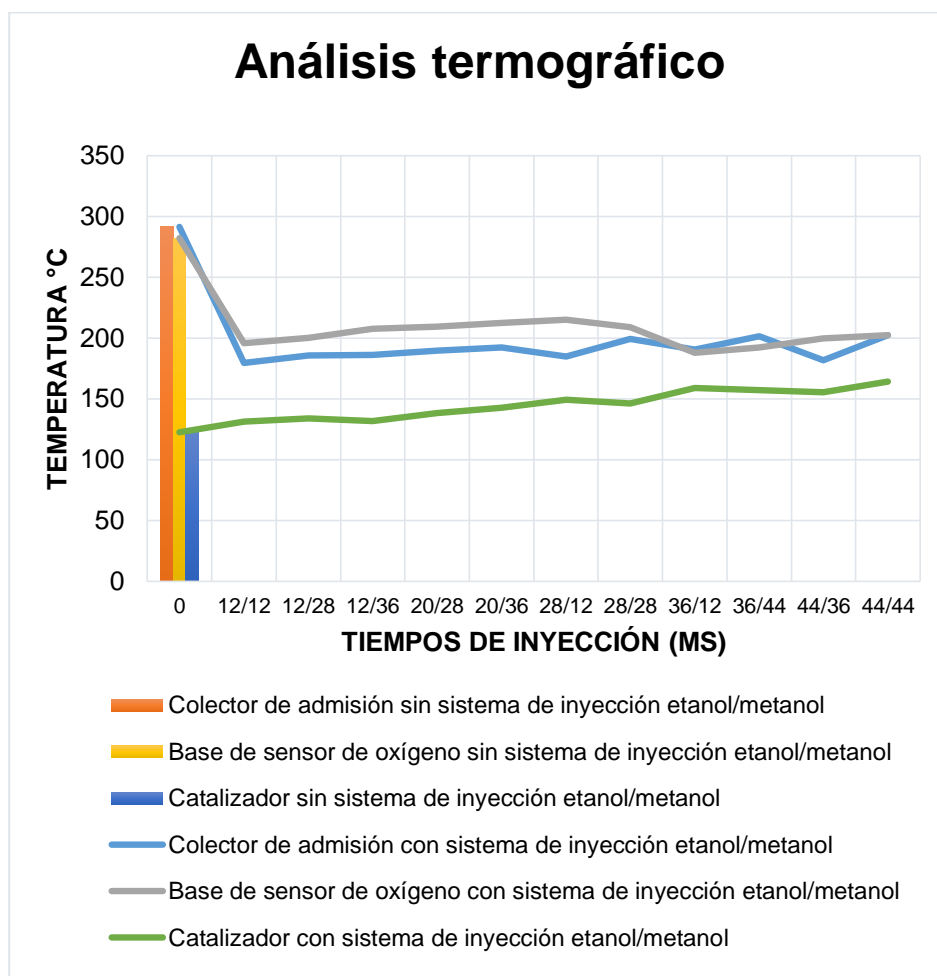
r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de admisión			Sistema de escape		
		Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
		°C	°C	°C	°C	°C	°C
	Tiempos de inyección (ms)						
	12/12	41,1	23,6	2,1	179,5	195,7	131,3
	12/28	39,9	19	0,1	185,5	200,3	134
	12/36	37,8	16	-1,1	186,2	207,7	131,8
	20/28	38,7	12,3	-1,1	189,6	209,3	138,3
	20/36	37,9	15,5	-0,1	192,2	212,3	142,9
4000	28/12	38,7	13,5	-1,8	184,9	214,9	149,5
	28/28	37	12,7	-3,1	199,2	209,1	146,3
	36/12	34,7	14	-2,1	190,7	187,9	159,1
	36/44	35	13,5	-1,9	201,6	192,4	157,2
	44/36	33,3	12,2	-0,1	181,8	199,9	155,6
	44/44	36,2	10,2	-1,4	202,6	202,3	164,3

Al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol después del cuerpo de aceleración y a 4000 r.p.m., la base de inyectores 1 disminuyó su temperatura de 50,5°C hasta 33,3°C, la base de inyectores 2 disminuyó su temperatura de 41,1°C hasta 10,2°C, el colector de admisión disminuyó su temperatura de 42,2°C hasta -3,1°C, se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.



**Figura 219.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

En la figura 220 se puede observar que al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol después del cuerpo de aceleración y a 4000 r.p.m., el colector de escape disminuyó su temperatura de 291,4°C hasta 179,5°C, la base del sensor de oxígeno disminuyó su temperatura de 282,2°C hasta 192,4°C, catalizador disminuyó su temperatura de 122,6°C hasta 131,3°C, se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.



**Figura 220.** Análisis termográfico del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

**Tabla 74**

*Análisis y comparación termográfico con el sistema de inyección etanol/metanol después del cuerpo de aceleración a 5000 r.p.m.*

r.p.m.	Sin el sistema de inyección etanol/metanol					
	Sistema de admisión			Sistema de escape		
	Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
	°C	°C	°C	°C	°C	°C
5000	54	40,8	40,8	248	263,4	176,4

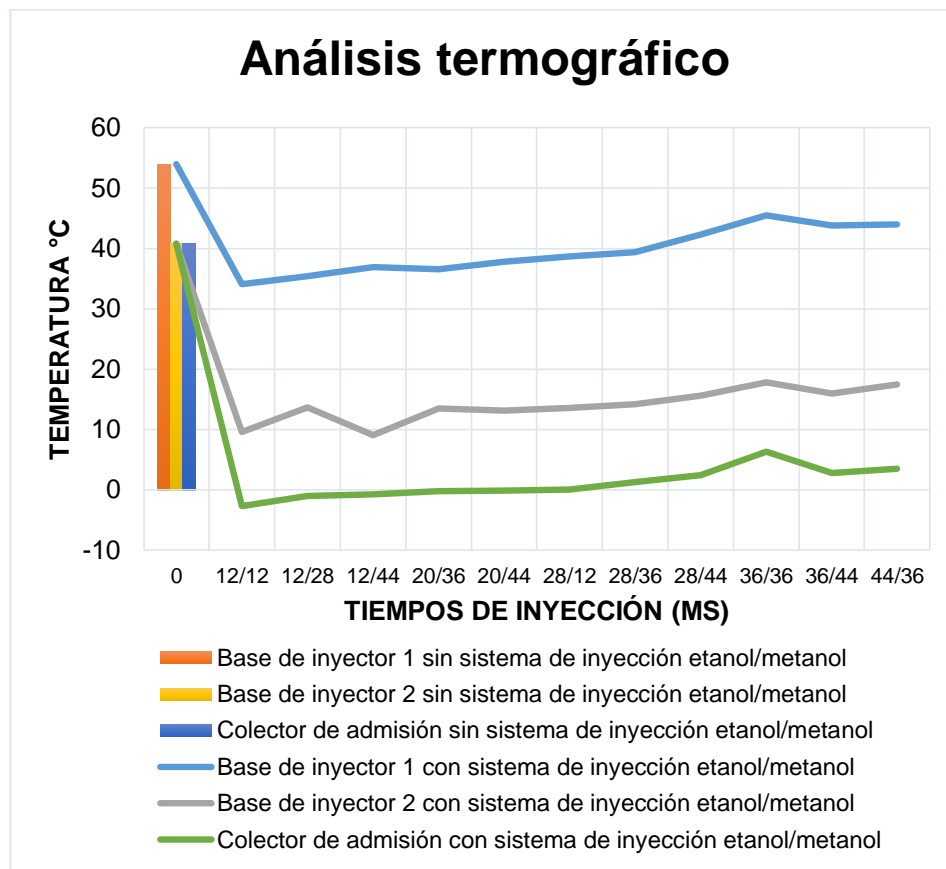
**Con el sistema de inyección etanol/metanol después del cuerpo de aceleración**

CONTINÚA

r.p.m.	Etanol/Metanol	Sistema de admisión			Sistema de escape		
		Base inyectores 1	Base de inyectores 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
		°C	°C	°C	°C	°C	°C
	Tiempos de inyección (ms)						
5000	12/12	34,1	9,6	-2,7	183,5	208,1	159,1
	12/28	35,4	13,7	-1	187,6	210	162,7
	12/44	36,9	9,1	-0,7	198	209,4	165,9
	20/36	36,6	13,5	-0,2	195,5	214,1	159,9
	20/44	37,8	13,1	-0,1	189,2	218,1	185,7
	28/12	38,7	13,6	0,1	186,8	220,8	192,4
	28/36	39,4	14,2	1,3	186,6	222,9	190,9
	28/44	42,3	15,6	2,4	202,9	224,4	187,3
	36/36	45,5	17,8	6,3	203,7	223,5	188,6
	36/44	43,8	16	2,8	196,1	222	190,8
	44/36	44	17,5	3,5	201,7	225	201,7

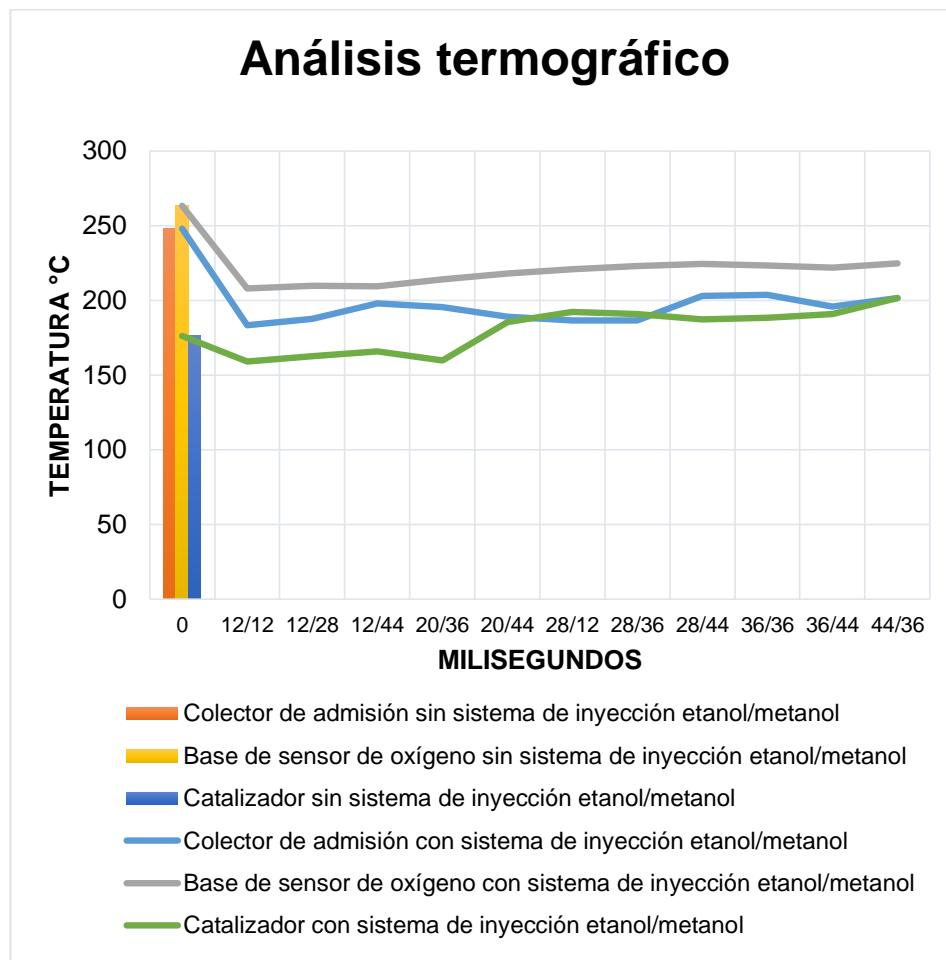
Al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol después del cuerpo de aceleración y a 5000 r.p.m., la base de inyectores 1 disminuyó su temperatura de 54°C hasta 34,1°C, la base de inyectores 2 disminuyó su temperatura de 40,8°C hasta 9,1°C, el colector de admisión disminuyó su temperatura de 40,8°C hasta -2,7°C, se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.





**Figura 221.** Análisis termográfico del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

En la figura 222 se observa que al inyectar las diferentes combinaciones de etanol y metanol después del cuerpo de aceleración y a 5000 r.p.m., el colector de escape disminuyó su temperatura de 248°C hasta 183,5°C, la base del sensor de oxígeno disminuyó su temperatura de 263,4°C hasta 208,1°C, catalizador disminuyó su temperatura de 176,4°C hasta 159,1°C, se generan elevaciones de temperatura ya que al medir la temperatura entre combinaciones existe un lapso de tiempo mayor y el cuerpo empieza a recibir transferencia de calor por parte del resto de componentes.



**Figura 222.** Análisis termográfico del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

#### 4.5.3. Análisis de consumo de combustible con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol

Para el análisis del consumo de combustible se comparó el consumo del vehículo sin el sistema de inyección de etanol/metanol y con el sistema de inyección de etanol/metanol en modo automático estableciendo la misma ruta en carretera.

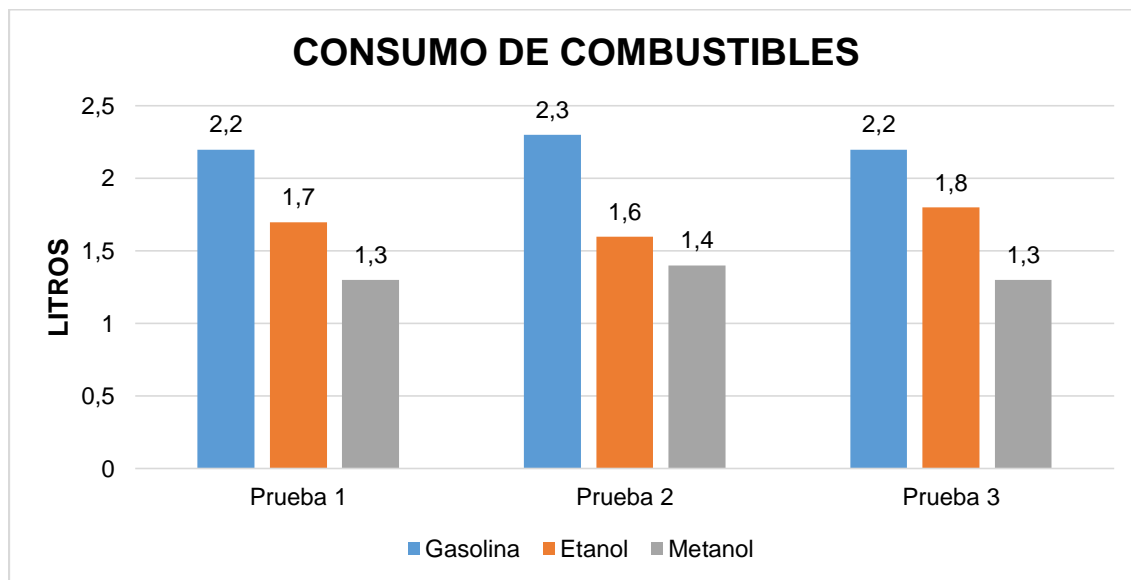
**Tabla 75**

*Análisis de consumo de combustible con y sin el sistema de inyección de etanol/metanol*

<b>PRUEBA DE COMSUMO DE COMBUSTIBLE EN CARRETERA</b>					
<b>SIN SISTEMA DE INYECCIÓN ETANOL/METANOL</b>					
	<b>DISTANCIA (Km)</b>	<b>CONSUMO (Lt)</b>	<b>VELOCIDAD MEDIA (Km/h)</b>	<b>CONSUMO (L/100km)</b>	<b>CONSUMO (GL/100Km)</b>
<b>PRUEBA 1</b>	27	2,4	75,2	8,889	2,348
<b>PRUEBA 2</b>	27	2,2	79,4	8,148	2,153
<b>PRUEBA 3</b>	27	2,3	76,6	8,519	2,251
<b>PROMEDIO</b>	27	2,3	77,067	8,519	2,251
<b>CON EL SISTEMA DE INYECCIÓN DE ETANOL/METANOL</b>					
	<b>DISTANCIA (Km)</b>	<b>CONSUMO GASOLINA (Lt)</b>	<b>VELOCIDAD MEDIA (Km/h)</b>	<b>CONSUMO ETANOL (Lt)</b>	<b>CONSUMO METANOL (Lt)</b>
<b>PRUEBA 1</b>	27	2,2	87,6	1,7	1,3
<b>PRUEBA 2</b>	27	2,3	85,8	1,6	1,4
<b>PRUEBA 3</b>	27	2,2	86,7	1,8	1,3
<b>PROMEDIO</b>	27	2,233	86,700	1,7	1,333

No existe una variación pronunciada en el consumo de combustible del vehículo al activar el sistema de inyección de etanol/metanol con respecto a las condiciones normales de funcionamiento, la diferencia en el promedio es de 0.66 gal/100Km debido a factores que se presentan en la carretera como: semáforos, control policial, tránsito vehicular, etc.

El consumo de etanol en la ruta establecida se ubica en un promedio de 1,7 Lt, en cambio del metanol es de 1,333 Lt.



**Figura 223.** Comparación de consumo de combustible

#### 4.5.4. Comparación de Gases de escape y Termografía

Se representa el comportamiento de los gases de escape y termografía a diferentes condiciones de régimen de giro, tiempos de inyección y posición de los inyectores.

**Tabla 76**

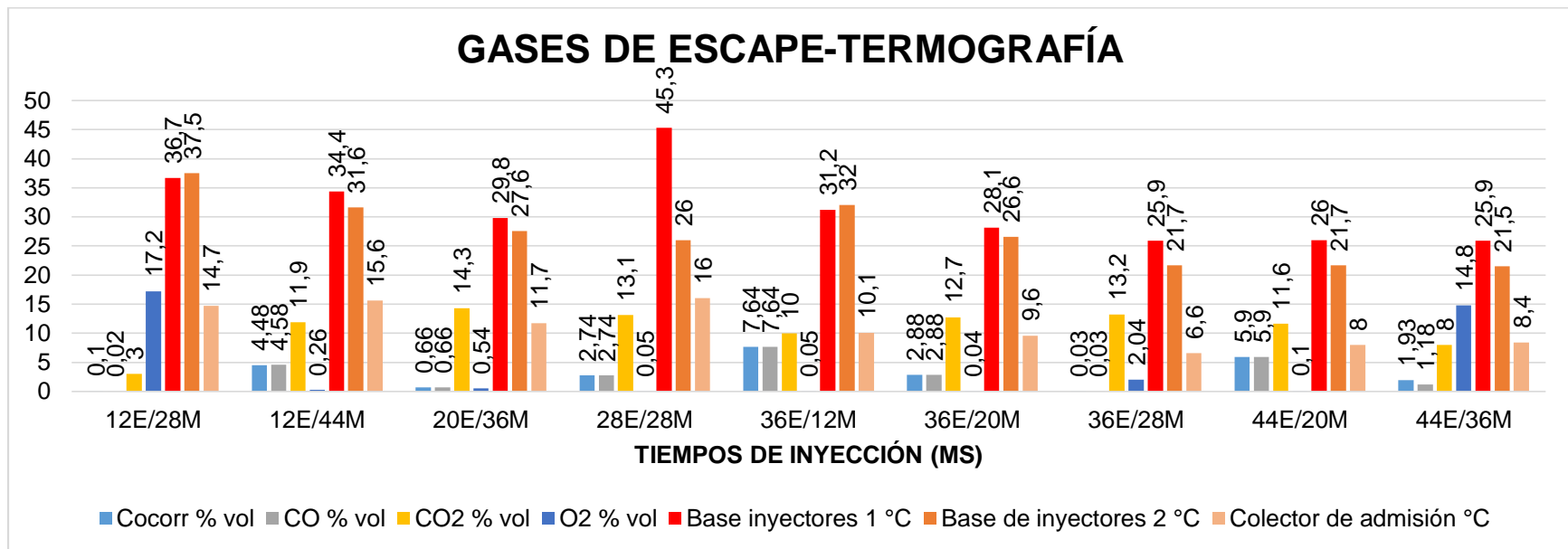
*Gases de escape - Termografía a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración*

ANTES DEL CUERPO DE ACELERACIÓN															
r.p.m.	Etanol/ Metanol	GASES DE ESCAPE							TERMOGRAFÍA						
		Tiempos de inyección (ms)	Co corr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol	Sistema de admisión			Sistema de escape		
										Base inyec tor 1	Base inyecto r 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Cataliz ador
°C	°C	°C	°C	°C	°C										
3000	12E/28M	0,1	0,763	0,02	3	265	17,2	11	36,7	37,5	14,7	209,4	149,5	123,9	
	12E/44M	4,48	0,848	4,58	11,9	1130	0,26	14	34,4	31,6	15,6	207,4	153,4	118,3	
	20E/36M	0,66	0,993	0,66	14,3	324	0,54	21	29,8	27,6	11,7	191,5	159,6	113,2	
	28E/28M	2,74	0,901	2,74	13,1	674	0,05	11	45,3	26	16	190,6	166,7	110,3	
	36E/12M	7,64	0,764	7,64	10	1193	0,05	16	31,2	32	10,1	176,7	159,7	107,2	
	36E/20M	2,88	0,896	2,88	12,7	645	0,04	12	28,1	26,6	9,6	181,1	166,5	106,3	
	36E/28M	0,03	1,095	0,03	13,2	253	2,04	53	25,9	21,7	6,6	185,5	172,6	107,2	
	44E/20M	5,9	0,814	5,9	11,6	1058	0,1	11	26	21,7	8	182,9	174,2	106,2	
	44E/36M	1,93	2,027	1,18	8	387	14,8	18	25,9	21,5	8,4	194,6	182,1	107,4	

Con una inyección de 28/28 ms de etanol/metanol en la base del inyector 1 se obtiene la temperatura máxima de 45,3 °C, en el colector de admisión de 16 °C y con la combinación de 36/28 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima en la base de inyector 1 de 25,9°C, en el múltiple de admisión de 6,6 °C, con un diferencia del 43%

de depreciación de temperatura para la base de inyector 1 y con una disminución del 59% para el múltiple de admisión, para tal efecto el comportamiento de los gases de escape correspondiente a Dióxido de carbono difiere en 0,1% de volumen.

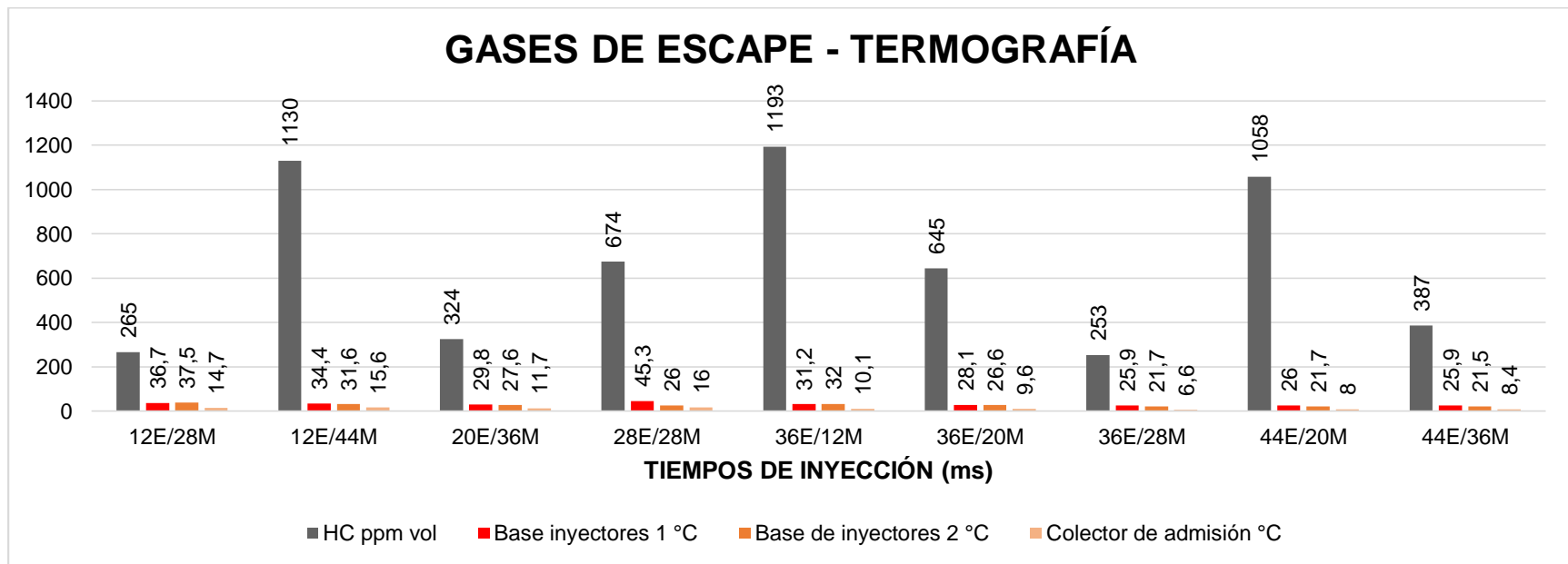
En la base de inyector 2 se genera una temperatura máxima de 37,5 °C y una mínima de 21,5°C producidos por la combinación de 12/28 ms de etanol/metanol y 44/36 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma que produce una reducción del 43% en la temperatura, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono incrementa de 3% de volumen a 8% de volumen.



**Figura 224.** Gases de escape en % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas de la base de inyector 1 y colector de admisión, disminuye de 674 ppm de volumen a 253 ppm de volumen la cual representa una reducción del 63% y un incremento del 48% a comparación de las pruebas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

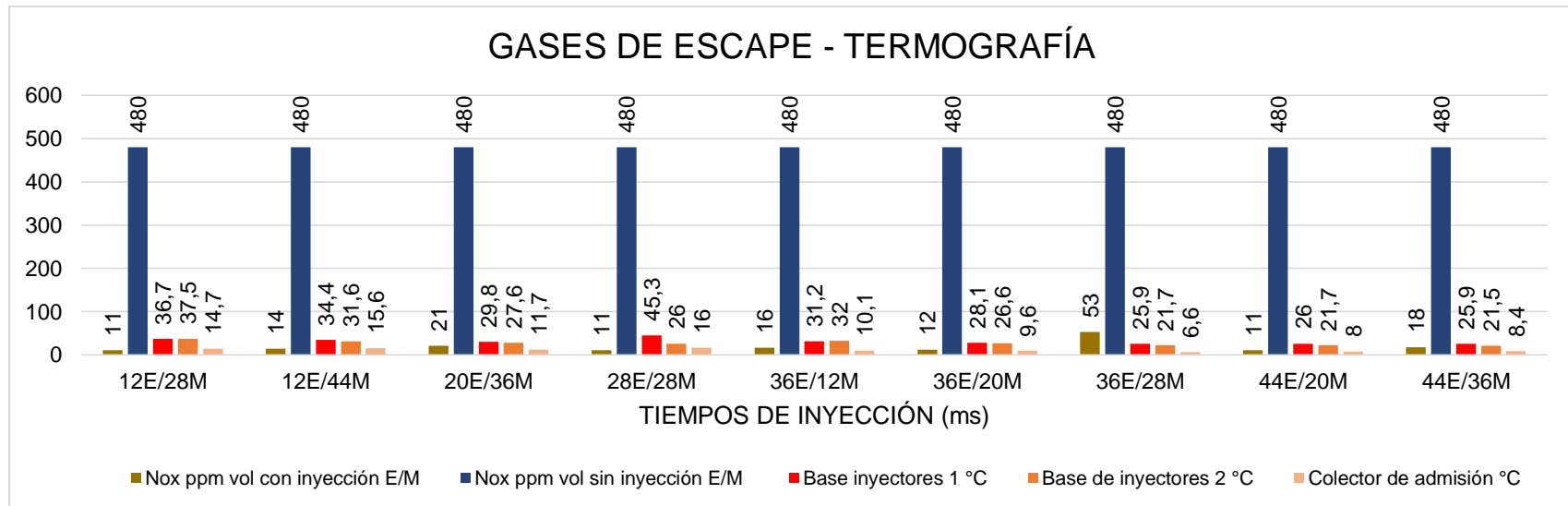
De la temperatura mayor y menor de la base de inyectores 2, se determina que los valores del Hidrocarburo se incrementan de 265 ppm de volumen a 387 ppm de volumen, produciendo una ampliación del 32% y un 40% acorde a las pruebas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.



**Figura 225.** HC – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

En la temperatura máxima de la base de inyector 1 y colector de admisión dados por la combinación de 28/28 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 11 ppm de volumen y en la temperatura mínima de la inyección de 36/28 ms de etanol/metanol son 53 ppm de volumen la cual se incrementan en 4,8 veces su valor inicial pero se reducen en 97,7 % y 89% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

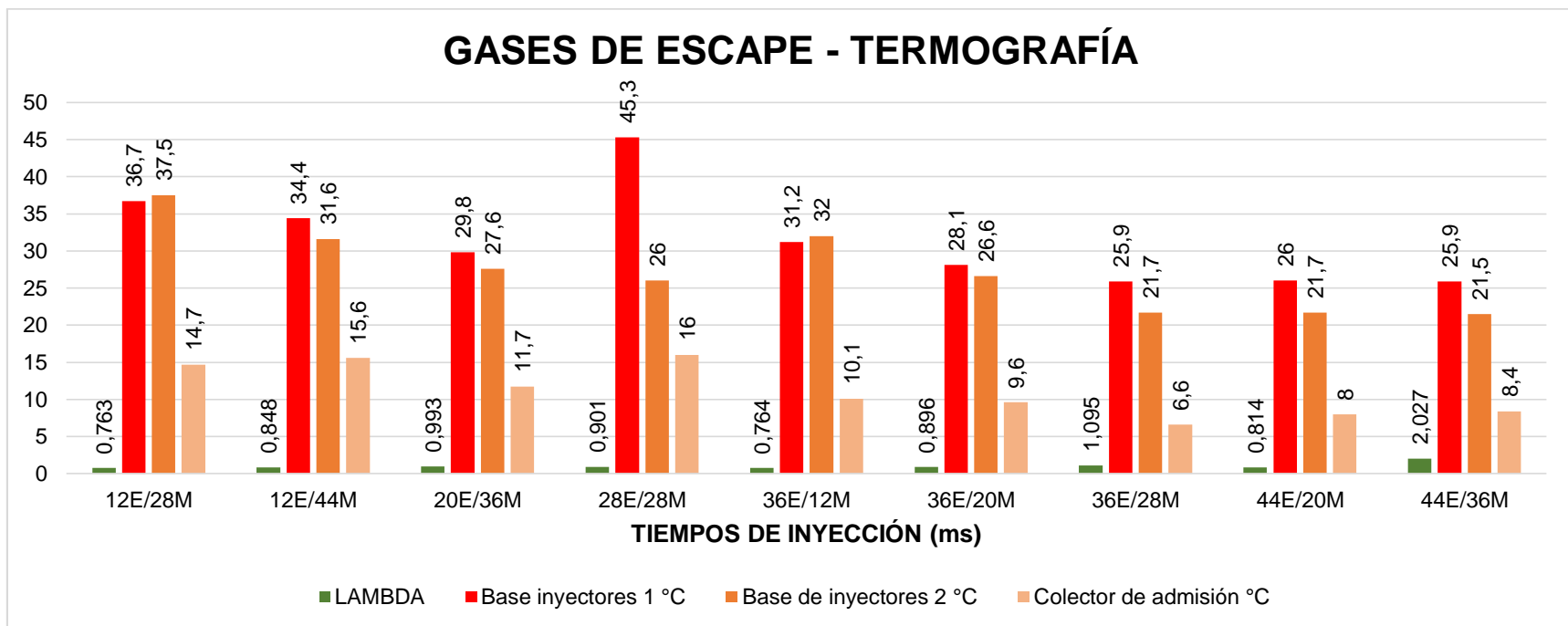
La base de inyectores 2 en su temperatura máxima del resultado de inyectar 12/28 ms de etanol/etanol el valor de Óxidos nitrosos es 11 ppm de volumen y en su temperatura mínima a 44/36 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 18 ppm de volumen la cual se incrementa en 1,6 veces su valor inicial pero se contrae en 97,7% y 96,3 % respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.



**Figura 226.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración



Se observa que con las temperaturas máximas de los componentes el factor Lambda se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema, en cambio con las temperaturas menores del sistema indica que existe una mezcla rica, considerándose que si la temperatura es menor en el sistema existe una mezcla rica en el sistema debido a una mayor inyección de etanol/metanol.

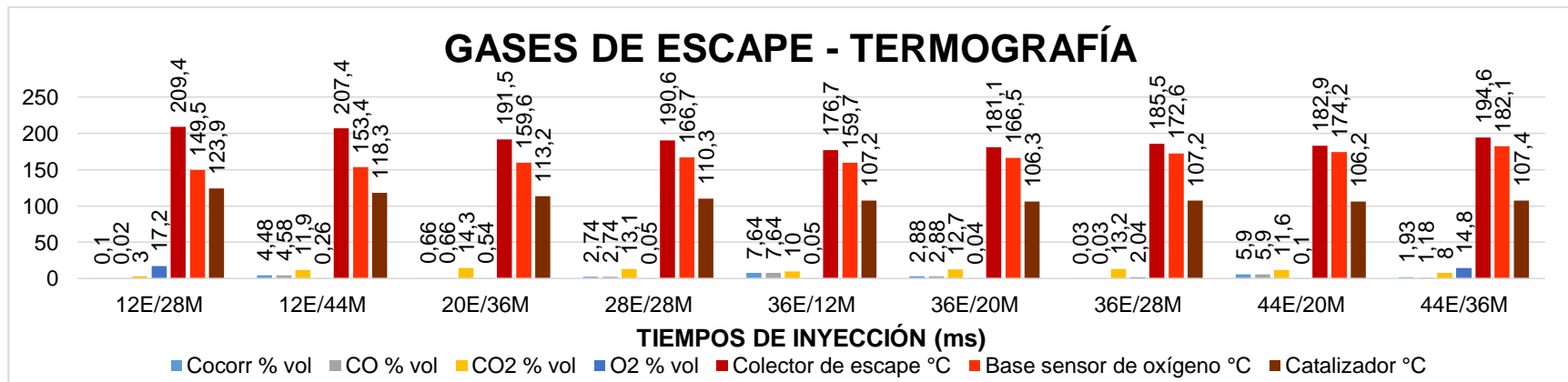


**Figura 227.** Lambda – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

Con el módulo de control a 12/28 ms de inyección de etanol/metanol en el colector de escape se obtiene la temperatura máxima de 209,4 °C, con la combinación de 36/12 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima de escape de 176,7 °C, con una diferencia del 15,61% de depreciación de temperatura, el Dióxido de carbono se incrementa de 3 % de volumen a 10 % de volumen, la cual representa en incremento del 70%.

De las combinaciones de 44/36 ms de etanol/metanol y 12/28 ms de etanol/metanol en la base de sensor de Oxígeno la temperatura máxima es 182,1 °C y la mínima de 149,5 °C respectivamente con una disminución de temperatura del 17,90%, disminuye el valor de Dióxido de carbono de 8 % de volumen a 3 % de volumen, la cual representa el 62,5%.

En el catalizador la temperatura máxima es 123,9 °C y una mínima de 106,2 °C producidos por la inyección de 12/28 ms de etanol/metanol y 44/20 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma que produce una reducción del 14,28% en la temperatura, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono incrementa de 3% de volumen a 11,6% de volumen.

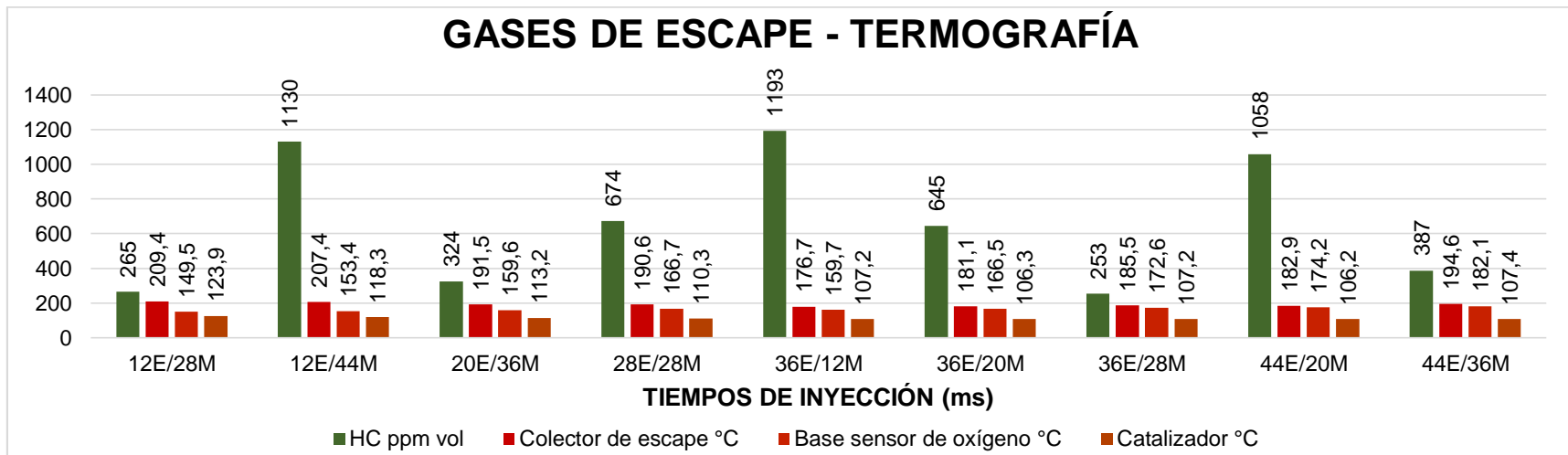


**Figura 228.** Gases de escape en % de volumen – Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas del colector de escape incrementa de 265 ppm de volumen a 1193 ppm de volumen la cual representa un incremento del 450% y un incremento del 759% a comparación de las pruebas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

De la temperatura mayor y menor de la base de la base de sensor de oxígeno, se determina que los valores del Hidrocarburo se disminuyen de 387 ppm de volumen a 265 ppm de volumen, produciendo un decrecimiento del 32% y un incremento del 246% acorde a las pruebas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.

En el catalizador de las temperaturas máximas y mínimas, el comportamiento de los Hidrocarburos incrementa de 265 ppm de volumen a 1058 ppm de volumen la cual representa una ampliación del 400% y un incremento del 673% a comparación de las pruebas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

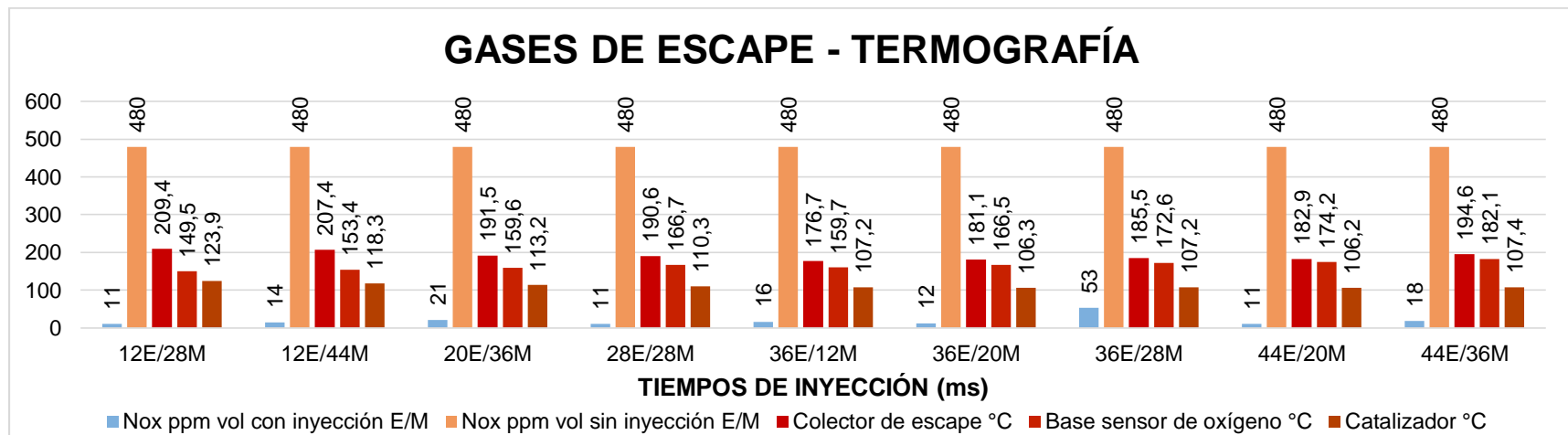


**Figura 229.** HC – Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

En la temperatura máxima del colector de escape dados por la combinación de 12/28 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos se reducen en 97,7 %, y en la temperatura mínima de la inyección de 36/12 ms de etanol/metanol se disminuye el 96,6% de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

La base de sensor de oxígeno en su temperatura máxima del resultado de inyectar 44/36 ms de etanol/etanol existe una disminución del 96,25 % y en su temperatura mínima a 12/28 ms de etanol/metanol se contrae en 97,7 % de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

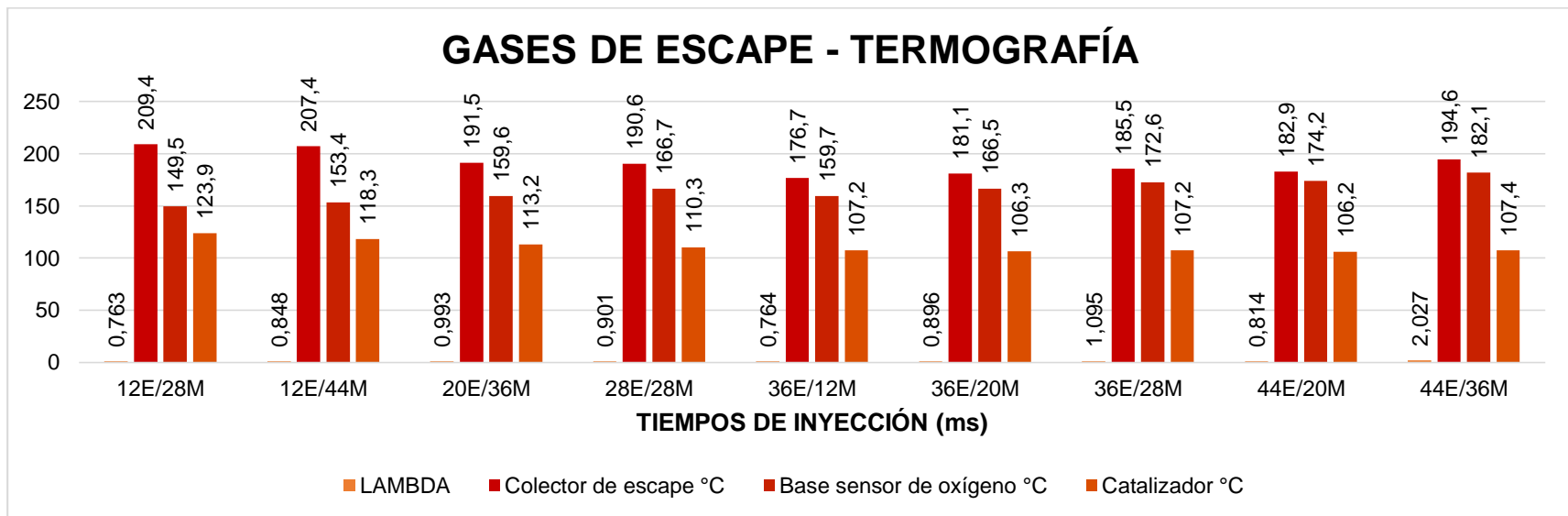
El comportamiento de los Óxidos nitrosos en las temperaturas máximas y mínimas del catalizador dado por la combinación de 12/28 y 44/20 ms de etanol/metanol respectivamente, se reducen en un 97,7 % de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.



**Figura 230.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

Se observa que con la temperatura máxima y mínima del colector de escape y catalizador el factor Lambda se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema.

El factor Lambda de la temperatura mayor de la base de sensor de oxígeno se encuentra indicando que existe una mezcla rica en el sistema y para la temperatura menor se produce una mezcla pobre en el sistema, considerándose que si la temperatura es mayor existe una mezcla rica en el sistema.



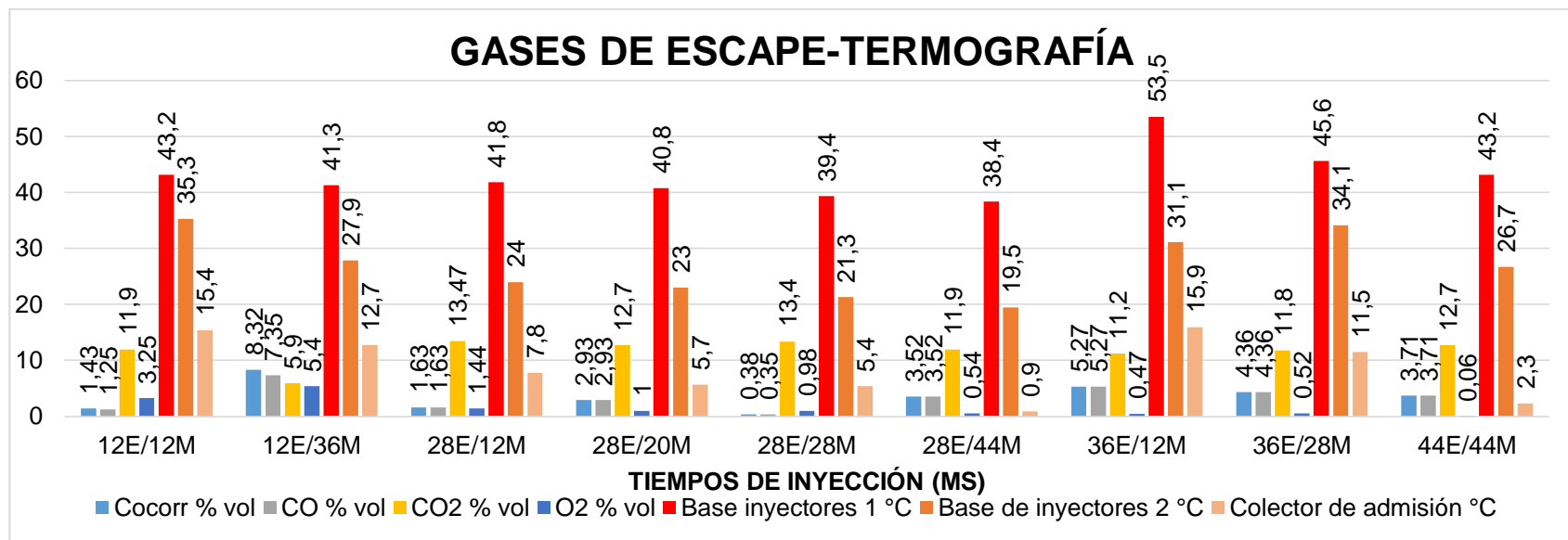
**Figura 231.** Lambda – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

**Tabla 77***Gases de escape - Termografía a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración*

DESPUÉS DEL CUERPO DE ACELERACIÓN														
Etanol/ Metanol		GASES DE ESCAPE							TERMOGRAFÍA					
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	Co corr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol	Sistema de admisión			Sistema de escape		
									Base inyector 1	Base inyector 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
									°C	°C	°C	°C	°C	°C
3000	12E/12M	1,43	1,115	1,25	11,9	326	3,25	92	43,2	35,3	15,4	179,2	157,5	141,6
	12E/36M	8,32	0,939	7,35	5,9	1709	5,4	48	41,3	27,9	12,7	191,2	161,6	137,5
	28E/12M	1,63	0,971	1,63	13,47	1235	1,44	45	41,8	24	7,8	179,2	166,6	133,5
	28E/20M	2,93	0,914	2,93	12,7	1325	1	27	40,8	23	5,7	179,2	174,6	129,5
	28E/28M	0,38	0,998	0,35	13,4	934	0,98	40	39,4	21,3	5,4	180,3	182	128,3
	28E/44M	3,52	0,874	3,52	11,9	1383	0,54	77	38,4	19,5	0,9	178,8	183,7	127,3
	36E/12M	5,27	0,814	5,27	11,2	1937	0,47	55	53,5	31,1	15,9	179,8	199,3	129,5
	36E/28M	4,36	0,876	4,36	11,8	1355	0,52	72	45,6	34,1	11,5	180,6	192,1	131,5
	44E/44M	3,71	0,867	3,71	12,7	1017	0,06	11	43,2	26,7	2,3	184,6	193,1	131,8

Con una inyección de 36/12 ms de etanol/metanol en la base del inyector 1 se obtiene la temperatura máxima de 53,5 °C, en el colector de admisión de 15,9 °C y con la combinación de 28/44 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima en la base de inyector 1 de 38,4 °C, en el múltiple de admisión de 0,9 °C, con un diferencia del 28,22% de depreciación de temperatura para la base de inyector 1 y con una disminución del 94,33% para el múltiple de admisión, para tal efecto el comportamiento de los gases de escape correspondiente a Dióxido de carbono difiere en 0,7% de volumen.

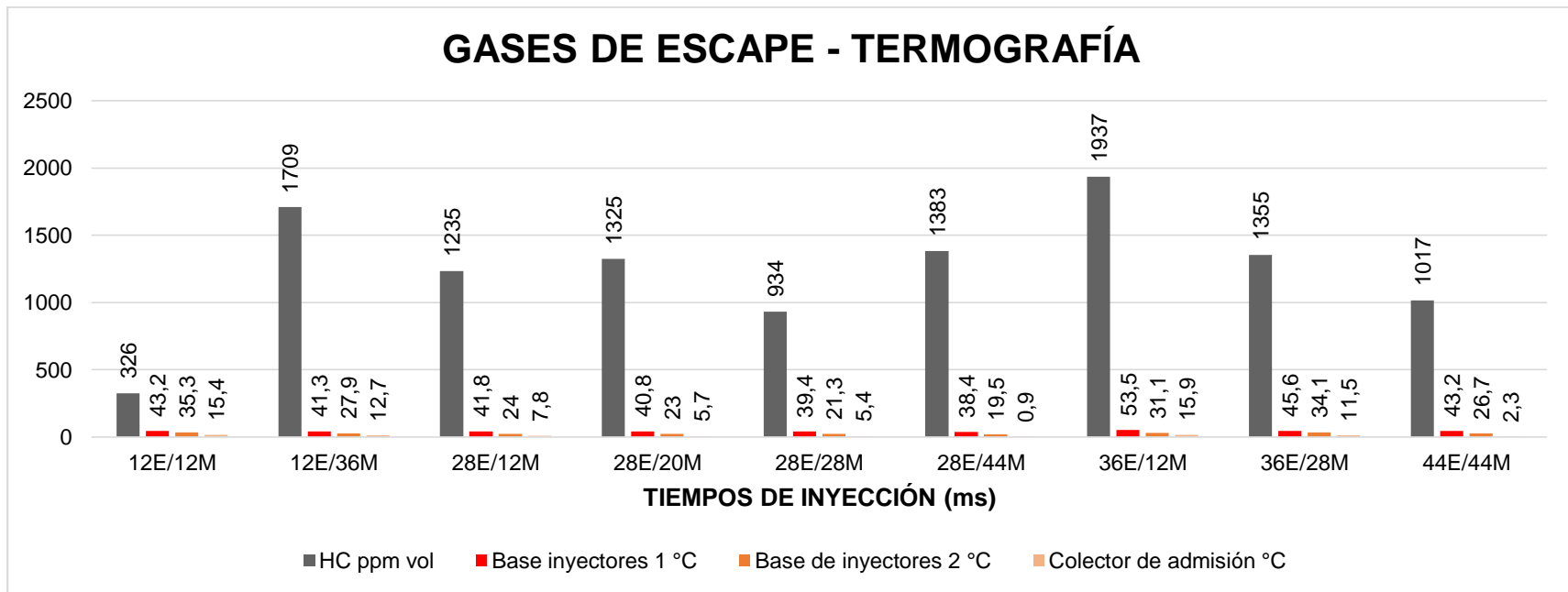
En la base de inyector 2 se genera una temperatura máxima de 35,3 °C y una mínima de 19,5°C producidos por la combinación de 12/12 ms de etanol/metanol y 28/44 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma que produce una reducción del 44,75% en la temperatura, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono se mantiene en el mismo valor para las dos combinaciones de inyección.



**Figura 232.** Gases de escape en % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas de la base de inyector 1 y colector de admisión, disminuye de 1937 ppm de volumen a 1383 ppm de volumen la cual representa una reducción del 28,6% y un incremento de 12,3 veces a comparación de las pruebas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

De la temperatura mayor y menor de la base de inyectores 2, se determina que los valores del Hidrocarburo se incrementan de 326 ppm de volumen a 1383 ppm de volumen, produciendo una ampliación del 424,23% y un 880,89% acorde a las pruebas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.

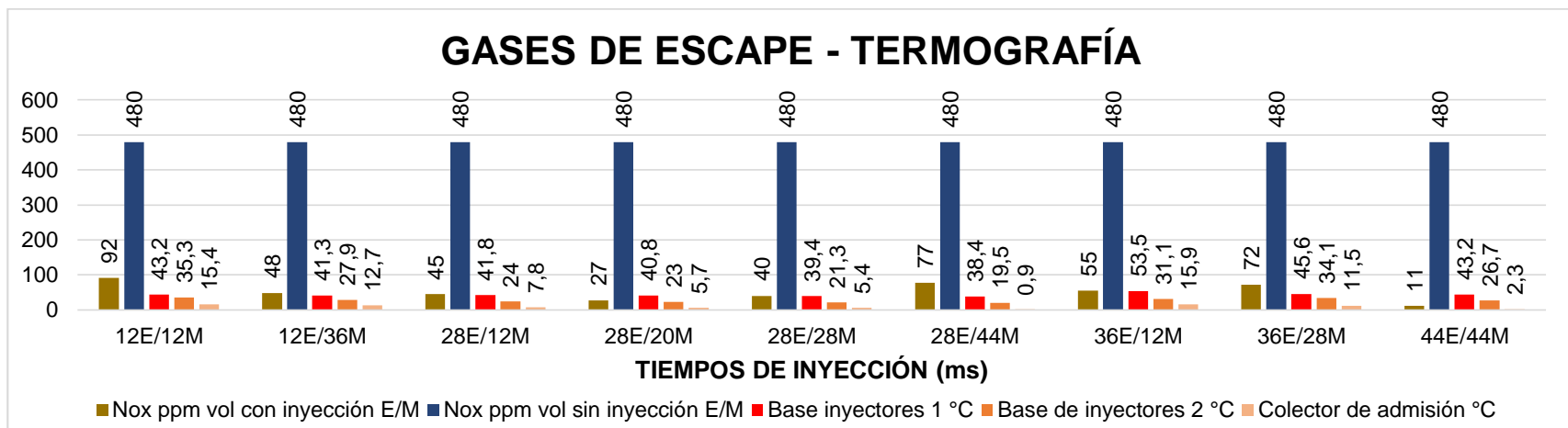


**Figura 233.** HC – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

En la temperatura máxima de la base de inyector 1 y colector de admisión dados por la combinación de 36/12 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 55 de ppm de volumen y en la temperatura mínima de la inyección de 36/28 ms de etanol/metanol son 77 ppm de volumen la cual incrementa su valor en 40% pero disminuye el 88,54% y 83,9% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.



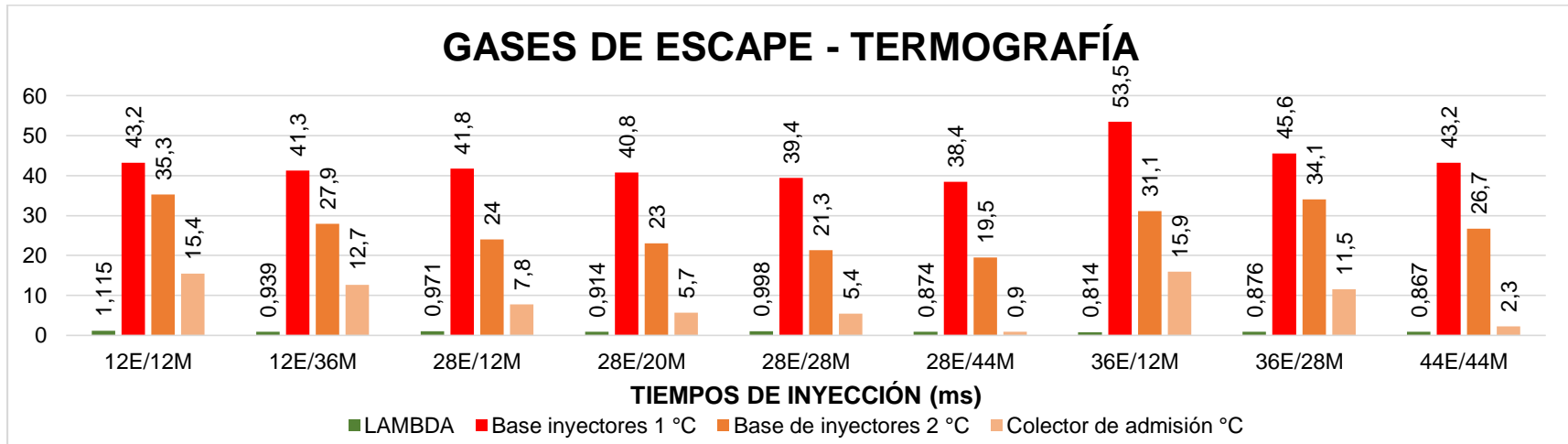
La base de inyectores 2 en su temperatura máxima del resultado de inyectar 12/12 ms de etanol/etanol el valor de Óxidos nitrosos es 92 ppm de volumen y en su temperatura mínima a 44/36 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 77 ppm de volumen la cual disminuye en 16,3% y se contrae en 80,83% y 83,9 % respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.



**Figura 234.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

Se observa que con la temperatura máxima y mínima de la base de inyectores 1 y colector de admisión el factor Lambda se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema.

El factor Lambda de la temperatura mayor de la base de inyectores 2 se encuentra indicando que existe una mezcla rica en el sistema y para la temperatura menor se produce una mezcla pobre en el sistema, considerándose que si la temperatura es mayor existe una mezcla rica en el sistema.

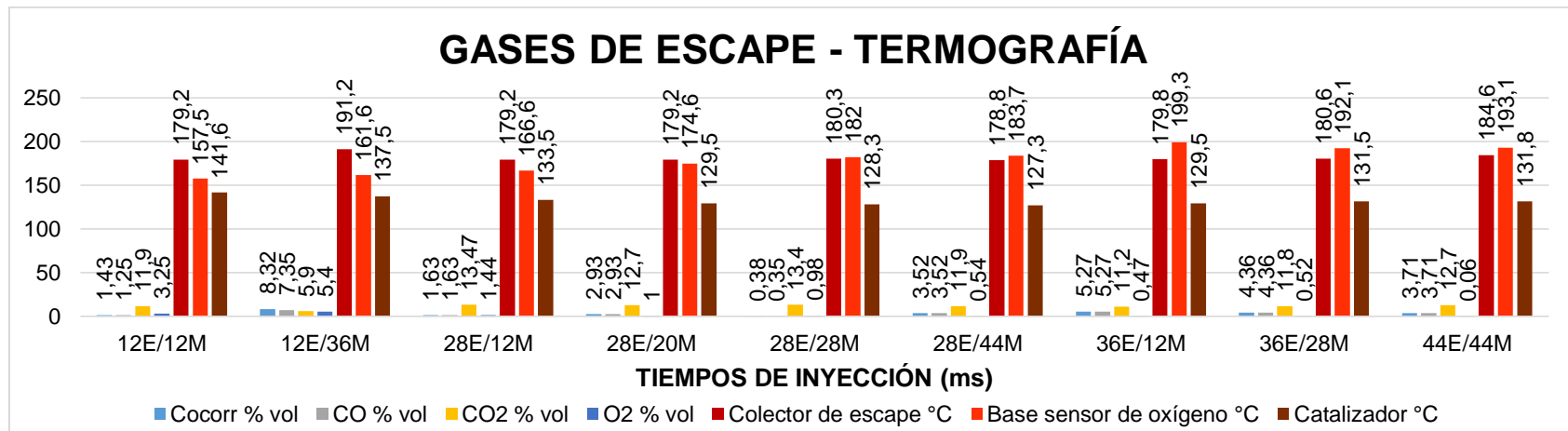


**Figura 235.** Lambda – Termografía del sistema de admisión a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

Con el módulo de control a 12/36 ms de inyección de etanol/metanol en el colector de escape se obtiene la temperatura máxima de 191,2 °C, con la combinación de 28/44 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima de 178,8 °C, con una diferencia del 6,48% de depreciación de temperatura, el Dióxido de carbono se incrementa de 5,9 % de volumen a 11,9 % de volumen, la cual representa un incremento de 2,01 veces su valor inicial.

De las combinaciones de 36/12 ms de etanol/metanol y 12/12 ms de etanol/metanol en la base de sensor de Oxígeno la temperatura máxima es 199,3 °C y la mínima de 157,5 °C respectivamente con una disminución de temperatura del 20,97%, incrementa el valor de Dióxido de carbono de 11,2 % de volumen a 11,9 % de volumen, la cual representa un crecimiento del 6%.

En el catalizador la temperatura máxima es 141,6 °C y una mínima de 127,3 °C producidos por la inyección de 12/12 ms de etanol/metanol y 28/44 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma que produce una reducción del 10,09% en la temperatura, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono se mantiene en 11,9% de volumen.

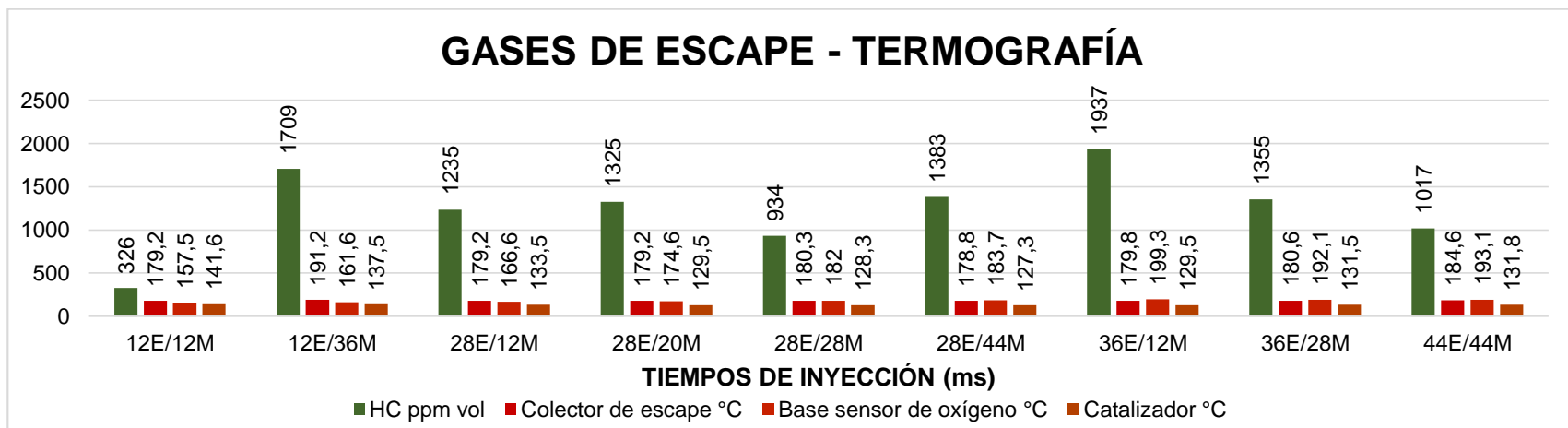


**Figura 236.** Gases de escape en % de volumen – Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas del colector de escape disminuyen de 1709 ppm de volumen a 1383 ppm de volumen la cual representa un decrecimiento del 19,07% y un incremento de 10,88 veces el valor de las pruebas realizadas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

De la temperatura mayor y menor de la base de sensor de oxígeno, se determina que los Hidrocarburos se disminuyen de 1937 ppm de volumen a 326 ppm de volumen, produciendo un decrecimiento del 83,17% y un incremento de 12,33 veces el valor de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.

En el catalizador de las temperaturas máximas y mínimas el comportamiento de los Hidrocarburos incrementa de 326 ppm de volumen a 1383 ppm de volumen la cual representa una ampliación de 4,24 veces su valor inicial y un incremento de 8,80 veces a comparación de las pruebas realizadas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

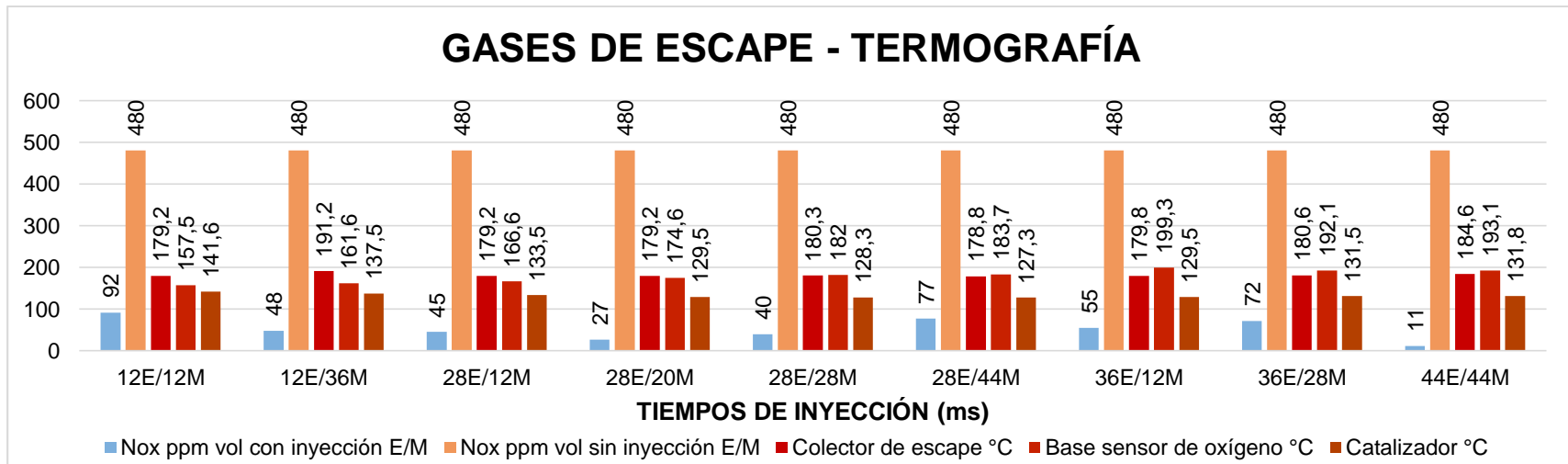


**Figura 237.** HC – Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

En la temperatura máxima del colector de escape dados por la combinación de 12/36 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 48 ppm de volumen y en la temperatura mínima de la inyección de 28/44 ms de etanol/metanol el valor de Óxidos nitrosos es 77 ppm de volumen la cual se incrementa en 60,41% y se reduce en 90 % y 83,96% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

La base de sensor de oxígeno en su temperatura máxima del resultado de inyectar 36/12 ms de etanol/etanol la cantidad de Óxidos nitrosos es 55 ppm d volumen y en su temperatura mínima a 12/28 ms de etanol/metanol el valor de Óxidos nitrosos es 92 pm de volumen la cual se incrementa en 67% y se contrae en 88,54 % y 80,83 % respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

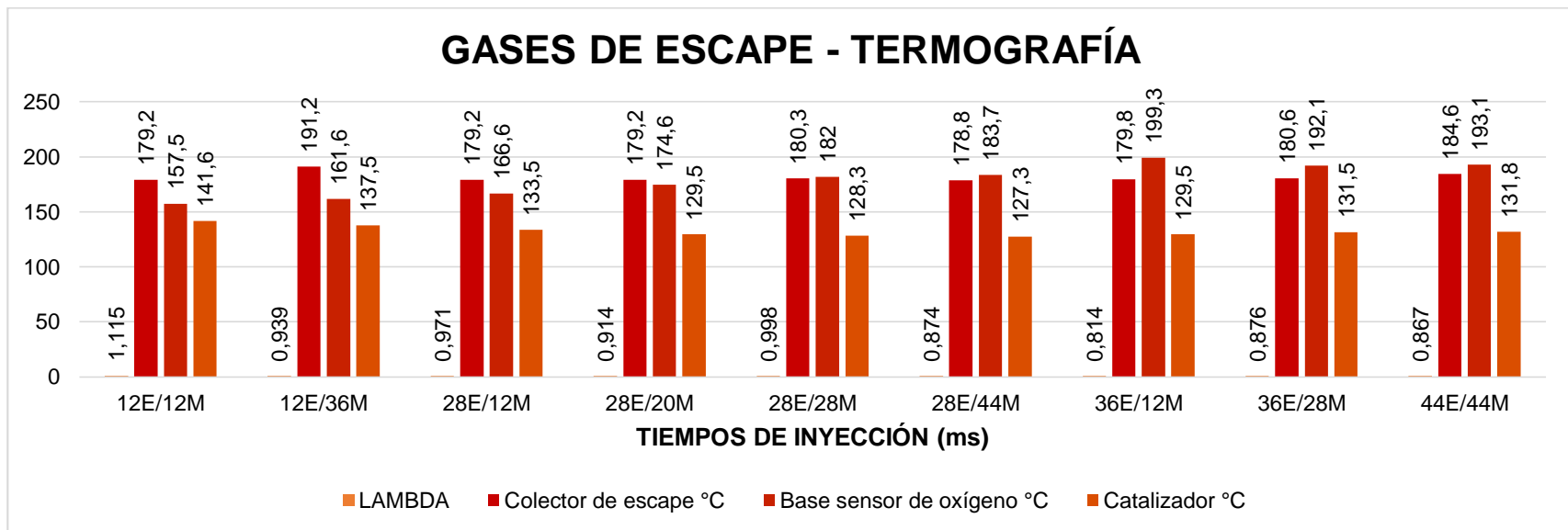
El comportamiento de los Óxidos nitrosos de 92 ppm de volumen y 77 ppm de volumen en las temperaturas máximas y mínimas del catalizador dado por la combinación de 12/28 y 44/20 ms de etanol/metanol respectivamente, se reducen en 16,3% entre si y en 80,83% y 83,95% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.



**Figura 238.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

Se observa que con la temperatura máxima y mínima del colector de escape y catalizador el factor Lambda se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema.

El factor Lambda de la temperatura mayor de la base de sensor de oxígeno se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema y para la temperatura menor se produce una mezcla rica, considerándose que si la temperatura es menor existe una mezcla rica en el sistema debido a la mayor inyección de etanol/metanol.



**Figura 239.** Lambda – Termografía del sistema de escape a 3000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

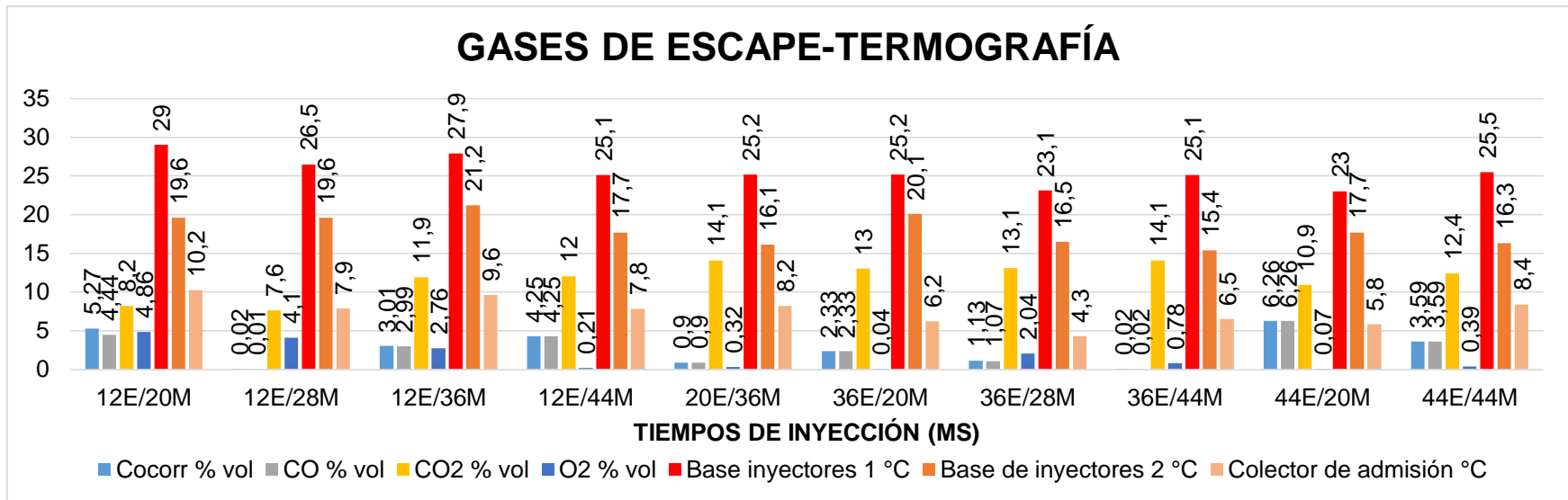
**Tabla 78***Gases de escape – Termografía a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración*

		ANTES DEL CUERPO DE ACELERACIÓN							TERMOGRAFÍA					
Etanol/ Metanol		GASES DE ESCAPE							Sistema de admisión			Sistema de escape		
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol	Base inyector 1	Base inyector 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador
									°C	°C	°C	°C	°C	°C
4000	12E/20M	5,27	1,054	4,44	8,2	1040	4,86	145	29	19,6	10,2	196,6	189,8	106
	12E/28M	0,02	1,253	0,01	7,6	275	4,1	23	26,5	19,6	7,9	197,4	190,6	103,8
	12E/36M	3,01	1,004	2,99	11,9	863	2,76	17	27,9	21,2	9,6	195,4	198,2	109,8
	12E/44M	4,25	0,854	4,25	12	1115	0,21	12	25,1	17,7	7,8	202,4	188,5	111,3
	20E/36M	0,9	0,976	0,9	14,1	320	0,32	15	25,2	16,1	8,2	194,7	189,1	112,7
	36E/20M	2,33	0,915	2,33	13	524	0,04	11	25,2	20,1	6,2	195,2	195,7	111,9
	36E/28M	1,13	1,051	1,07	13,1	384	2,04	44	23,1	16,5	4,3	201,6	194,9	110,3
	36E/44M	0,02	1,027	0,02	14,1	260	0,78	46	25,1	15,4	6,5	200,7	202,5	112,6
	44E/20M	6,26	0,802	6,26	10,9	1061	0,07	11	23	17,7	5,8	198,3	207,2	115,7
	44E/44M	3,59	0,891	3,59	12,4	715	0,39	16	25,5	16,3	8,4	202,4	208,8	115,7

Con el módulo de control a 12/36 ms de inyección de etanol/metanol en la base de inyectores 1 se obtiene la temperatura máxima de 29 °C, con la combinación de 12/20 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima de 23 °C, con una diferencia del 20,69% de depreciación de temperatura, el Dióxido de carbono se incrementa de 8,2 % de volumen a 10,4 % de volumen, la cual representa un incremento de 26,82%.

De las combinaciones de 12/36 ms de etanol/metanol y 36/44 ms de etanol/metanol en la base de inyectores 2 la temperatura máxima es 21,2 °C y la mínima de 15,4 °C respectivamente con una disminución de temperatura del 27,36%, incrementa el valor de Dióxido de carbono de 11,9 % de volumen a 14,1 % de volumen, la cual representa un crecimiento del 18,49%.

En el colector de admisión la temperatura máxima es 10,2 °C y una mínima de 4,3 °C producidos por la inyección de 12/20 ms de etanol/metanol y 36/28 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma que produce una reducción del 57,84% en la temperatura, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono se incrementa de 8,2% de volumen a 13,1% de volumen.



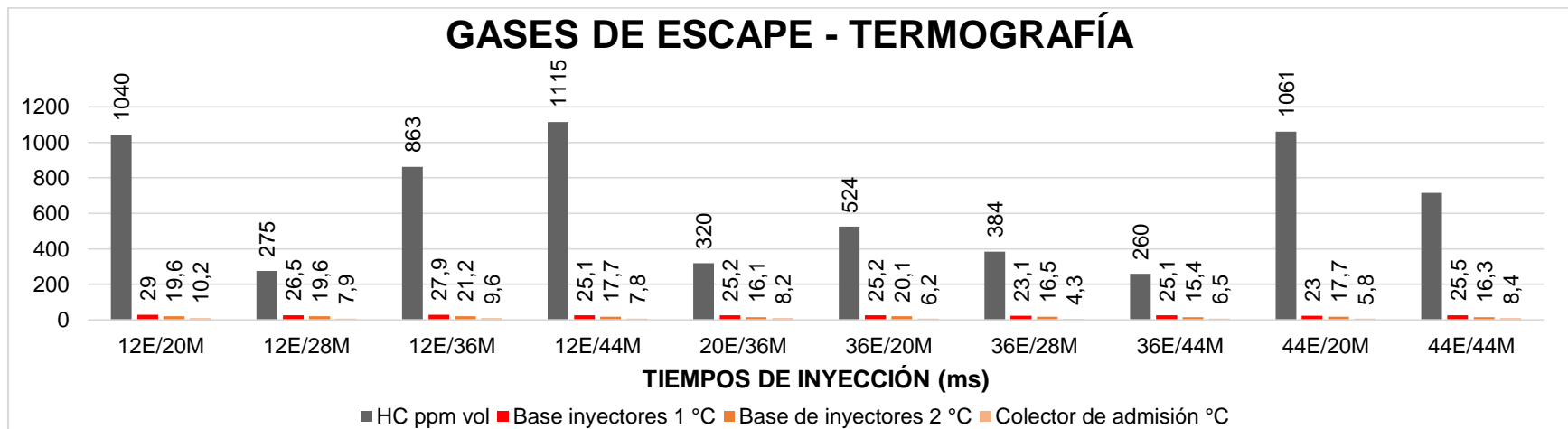
**Figura 240.** Gases de escape en % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración



El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas de la base de inyectores 1 aumentan de 1040 ppm de volumen a 1061 ppm de volumen la cual representa un crecimiento del 2,01% y un incremento de 5,49 veces el valor de las pruebas realizadas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

De la temperatura mayor y menor de la base de inyectores 2, se determina que los Hidrocarburos disminuyen de 863 ppm de volumen a 260 ppm de volumen, produciendo un decrecimiento del 69,87% y un incremento de 4,47 veces el valor de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.

En el colector de admisión de las temperaturas máximas y mínimas el comportamiento de los Hidrocarburos disminuye de 1040 ppm de volumen a 384 ppm de volumen la cual representa un decrecimiento del 63,08% y un incremento de 5,38 veces a comparación de las pruebas realizadas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

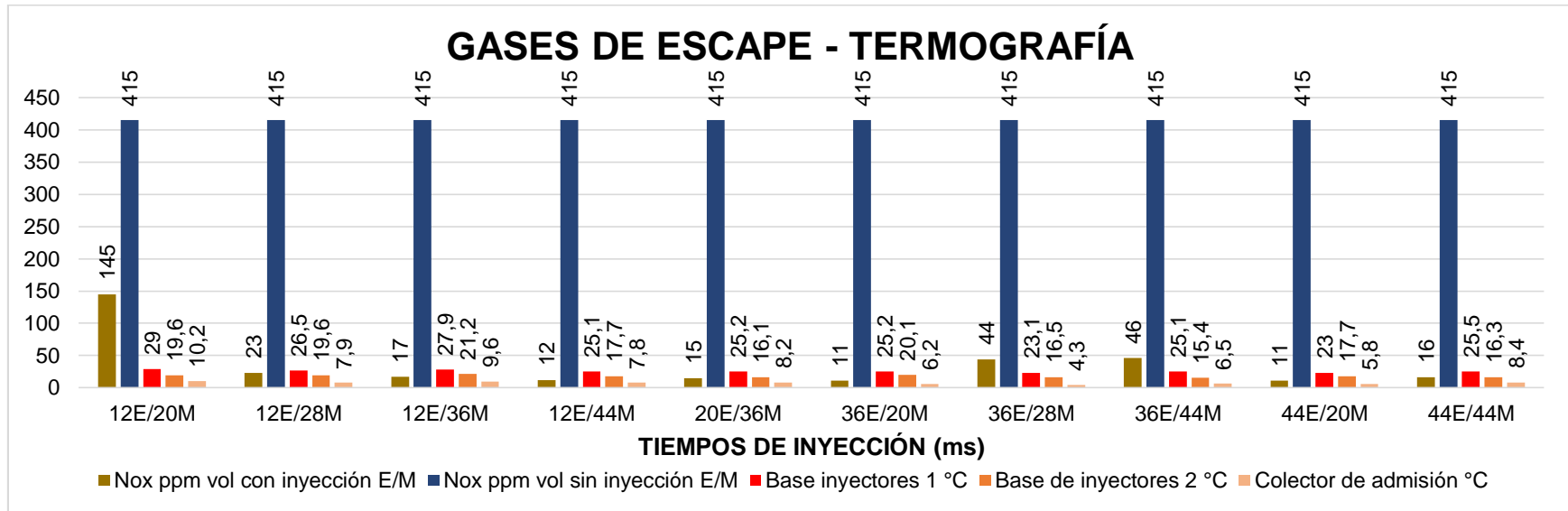


**Figura 241.** HC – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

En la temperatura máxima de la base de inyectores 1 dada por la combinación de 12/20 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 145 ppm de volumen y en la temperatura mínima de la inyección de 44/20 ms de etanol/metanol el valor de Óxidos nitrosos es 11 ppm de volumen la cual disminuye en 92,41% y se reduce en 65,06% y 97,34% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

La base de inyectores 2 en su temperatura máxima del resultado de inyectar 12/36 ms de etanol/etanol la cantidad de Óxidos nitrosos es 17 ppm de volumen y en su temperatura mínima a 36/44 ms de etanol/metanol el valor de Óxidos nitrosos es 46 ppm de volumen la cual se incrementa en 2,7 veces su valor inicial y se contrae en 95,90 % y 88,91 % respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

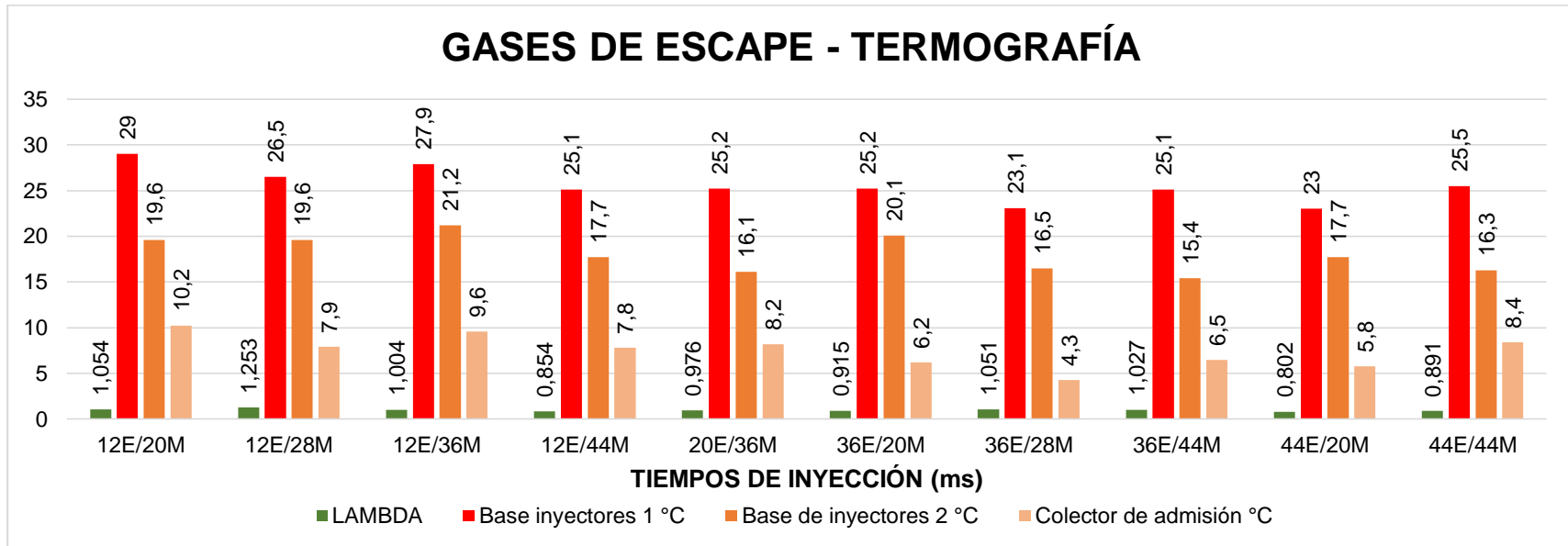
El comportamiento de los Óxidos nitrosos de 145 ppm de volumen y 44 ppm de volumen en las temperaturas máximas y mínimas del colector de admisión dado por la combinación de 12/28 y 36/28 ms de etanol/metanol respectivamente, se reducen en 69,65% entre si y en 65,06% y 89,4% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.



**Figura 242.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

Se observa que con la temperatura máxima y mínima de la base de inyectoros 2 y colector de admisión el factor Lambda se encuentra indicando que existe una mezcla rica en el sistema debido al exceso de combustible inyectado.

El factor Lambda de la temperatura mayor de la base de inyectoros 1 se encuentra indicando que existe una mezcla rica en el sistema y para la temperatura menor se produce una mezcla pobre, considerándose que si la temperatura es mayor existe una mezcla rica en el sistema debido a la mayor inyección de etanol/metanol.

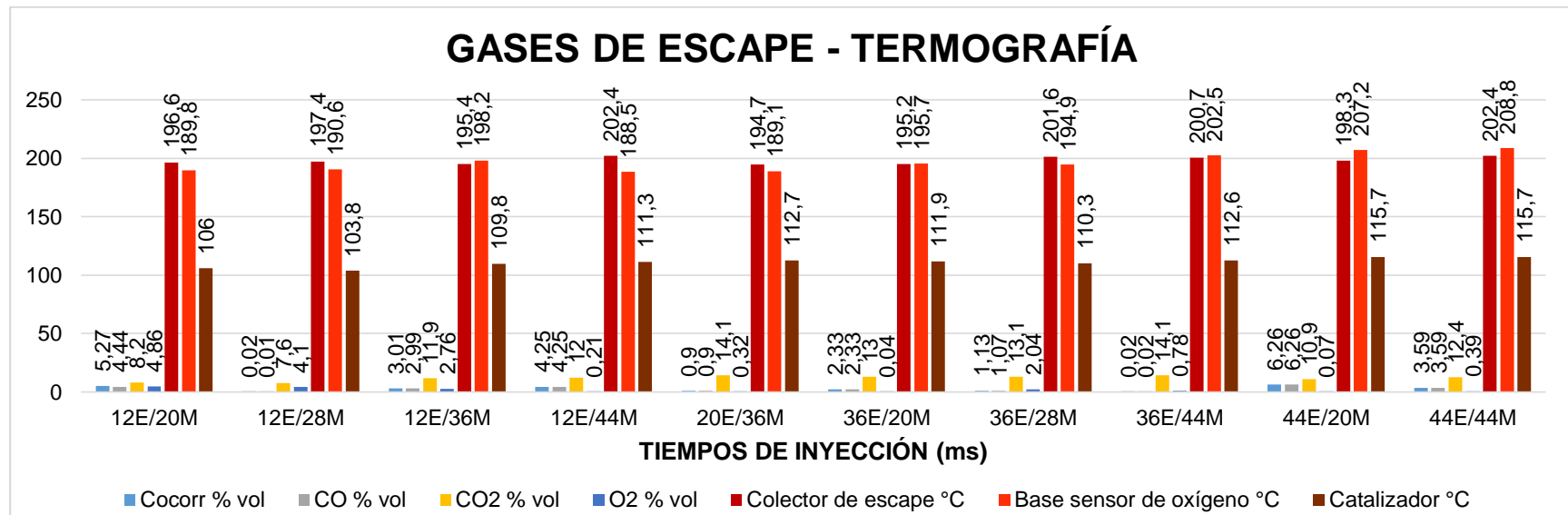


**Figura 243.** Lambda – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

Con el módulo de control a 44/44 ms de inyección de etanol/metanol en el colector de escape se obtiene la temperatura máxima de 202,4 °C, con la combinación de 20/36 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima de 194,7 °C, con una diferencia del 3,80% de depreciación de temperatura, el Dióxido de carbono se incrementa de 12,4% de volumen a 14,1% de volumen, la cual representa un incremento del 13,71%.

De las combinaciones de 44/44 ms de etanol/metanol y 12/44 ms de etanol/metanol en la base de sensor de Oxígeno la temperatura máxima es 208,8 °C y la mínima de 188,5 °C respectivamente con una disminución de temperatura del 9,72%, disminuye el valor de Dióxido de carbono de 12,4% de volumen a 12% de volumen, la cual representa un decrecimiento del 3,22%.

En el catalizador la temperatura máxima es 115,7 °C y una mínima de 103,8 °C producidos por la inyección de 44/44 ms de etanol/metanol y 12/28 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma que produce una reducción del 10,29% en la temperatura, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono disminuye de 12,4% de volumen a 7,6% de volumen.

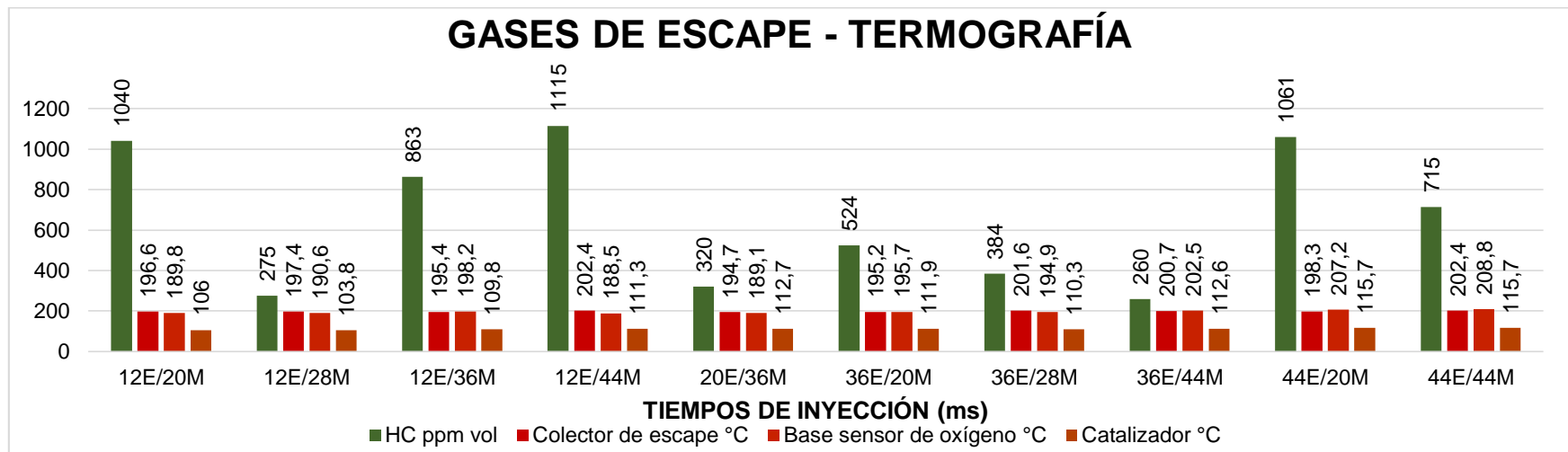


**Figura 244.** Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas del colector de escape disminuyen de 715 ppm de volumen a 320 ppm de volumen la cual representa un decrecimiento del 55,24% y un incremento de 3,7 veces el valor de las pruebas realizadas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

De la temperatura mayor y menor de la base de sensor de oxígeno, se determina que los Hidrocarburos incrementan de 715 ppm de volumen a 1115 ppm de volumen, produciendo un crecimiento del 55,94% y un incremento de 3,7 veces el valor de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.

En el catalizador de las temperaturas máximas y mínimas el comportamiento de los Hidrocarburos disminuye de 715 ppm de volumen a 275 ppm de volumen la cual representa una reducción del 61,53% y un incremento de 3,70 veces a comparación de las pruebas realizadas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.



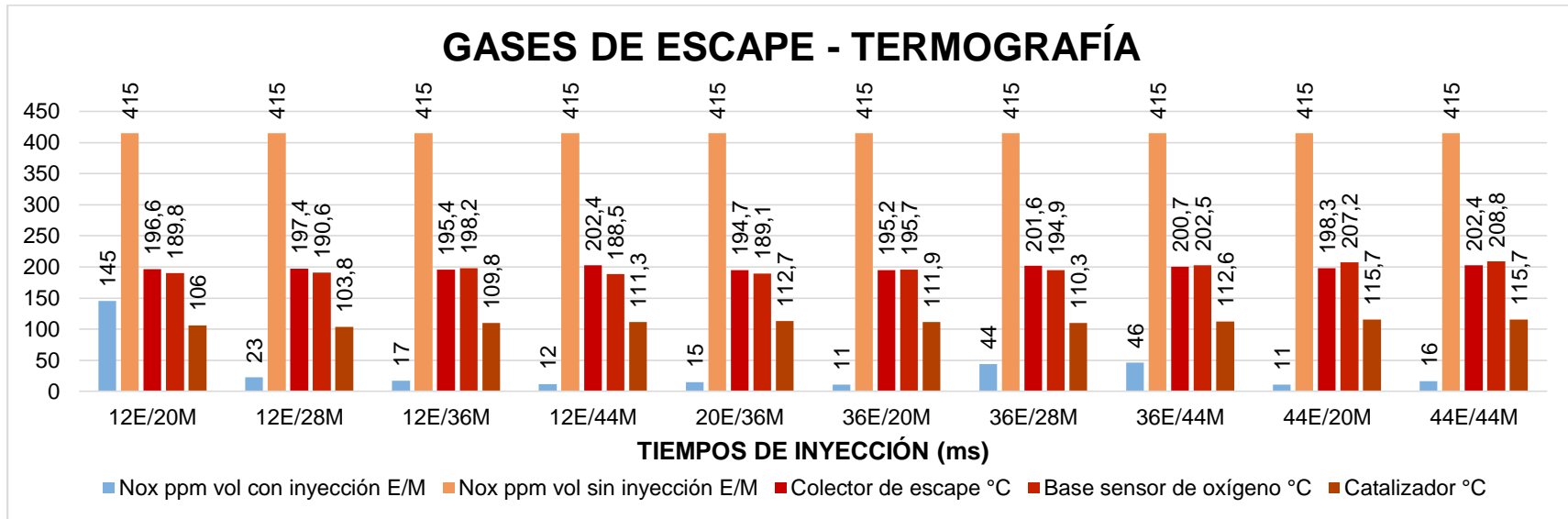
**Figura 245.** HC – Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

En la temperatura máxima del colector de escape dados por la combinación de 44/44 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 16 ppm de volumen y en la temperatura mínima de la inyección de 20/36 ms de etanol/metanol el valor

de Óxidos nitrosos es 15 ppm de volumen la cual se incrementa en 60,41% y se reduce en 90 % y 83,96% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

La base de sensor de oxígeno en su temperatura máxima del resultado de inyectar 36/12 ms de etanol/etanol la cantidad de Óxidos nitrosos es 55 ppm d volumen y en su temperatura mínima a 12/28 ms de etanol/metanol el valor de Óxidos nitrosos es 92 pm de volumen la cual se incrementa en 67% y se contrae en 88,54 % y 80,83 % respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

El comportamiento de los Óxidos nitrosos de 92 ppm de volumen y 77 ppm de volumen en las temperaturas máximas y mínimas del catalizador dado por la combinación de 12/28 y 44/20 ms de etanol/metanol respectivamente, se reducen en 16,3% entre si y en 80,83% y 83,95% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

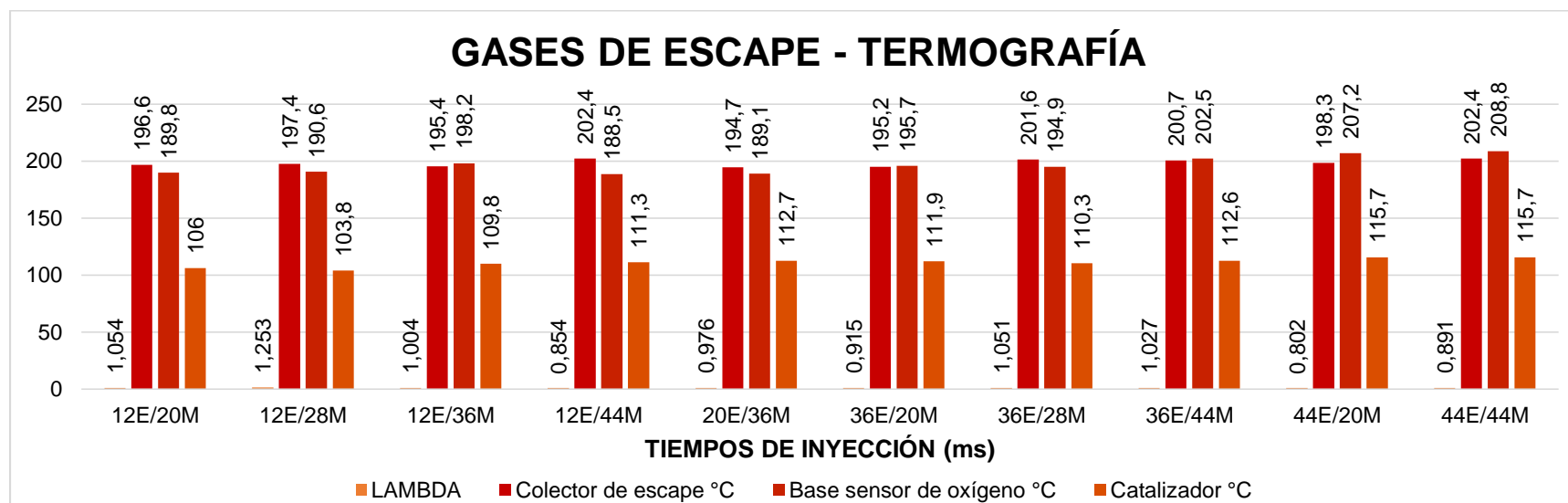


**Figura 246.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

Se observa que con la temperatura máxima y mínima del colector de escape y base del sensor de oxígeno el factor Lambda se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema.

El factor Lambda de la temperatura mayor del catalizador se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema y para la temperatura menor se produce una mezcla rica, considerándose que si la temperatura es menor existe una mezcla rica en el sistema debido a la mayor inyección de etanol/metanol.





**Figura 247.** Lambda – Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

**Tabla 79**

*Gases de escape – Termografía a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración*

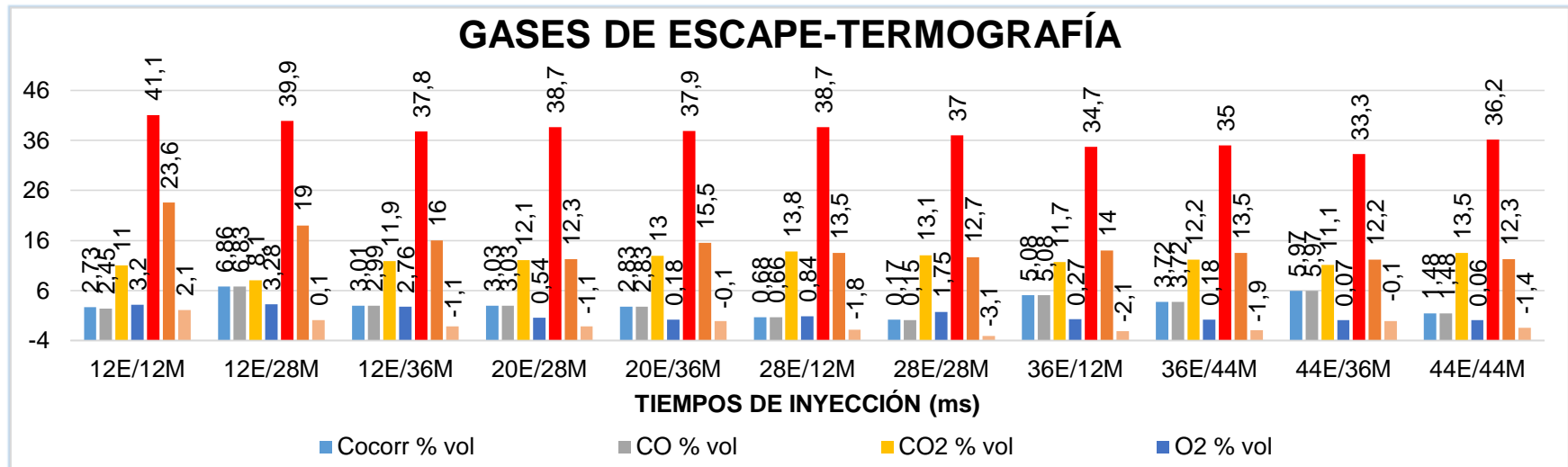
		DESPUÉS DEL CUERPO DE ACELERACIÓN												
		GASES DE ESCAPE							TERMOGRAFÍA					
									Sistema de admisión			Sistema de escape		
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	Co corr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol	Base inyector 1 °C	Base inyector 2 °C	Colector de admisión °C	Colector de escape °C	Base sensor de oxígeno °C	Catalizador °C
4000	12E/12M	2,73	1,068	2,45	11	368	3,2	141	41,1	23,6	2,1	179,5	195,7	131,3
	12E/28M	6,86	0,911	6,83	8,1	662	3,28	200	39,9	19	0,1	185,5	200,3	134
	12E/36M	3,01	1,004	2,99	11,9	863	2,76	17	37,8	16	-1,1	186,2	207,7	131,8

CONTINÚA →

20E/28M	3,03	0,885	3,03	12,1	1422	0,54	94	38,7	12,3	-1,1	189,6	209,3	138,3
20E/36M	2,83	0,887	2,83	13	1191	0,18	12	37,9	15,5	-0,1	192,2	212,3	142,9
28E/12M	0,68	0,981	0,66	13,8	967	0,84	34	38,7	13,5	-1,8	184,9	214,9	149,5
28E/28M	0,17	1,048	0,15	13,1	844	1,75	49	37	12,7	-3,1	199,2	209,1	146,3
36E/12M	5,08	0,818	5,08	11,7	1819	0,27	41	34,7	14	-2,1	190,7	187,9	159,1
36E/44M	3,72	0,855	3,72	12,2	1459	0,18	33	35	13,5	-1,9	201,6	192,4	157,2
44E/36M	5,97	0,798	5,97	11,1	1485	0,07	11	33,3	12,2	-0,1	181,8	199,9	155,6
44E/44M	1,48	0,93	1,48	13,5	782	0,06	10	36,2	12,3	-1,4	202,6	202,3	164,3

Con una inyección de 12/12 ms de etanol/metanol en la base del inyector 1 se obtiene la temperatura máxima de 41,1 °C, en la base de inyectores 2 de 23,6 °C y con la combinación de 44/36 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima en la base de inyector 1 de 33,3 °C, en la base de inyectores 2 de 12,2 °C, con un diferencia del 18,98% de depreciación de temperatura para la base de inyector 1 y con una disminución del 48,30% para la base de inyectores 1, para tal efecto el comportamiento de los gases de escape correspondiente a Dióxido de carbono difiere en 0,1% de volumen.

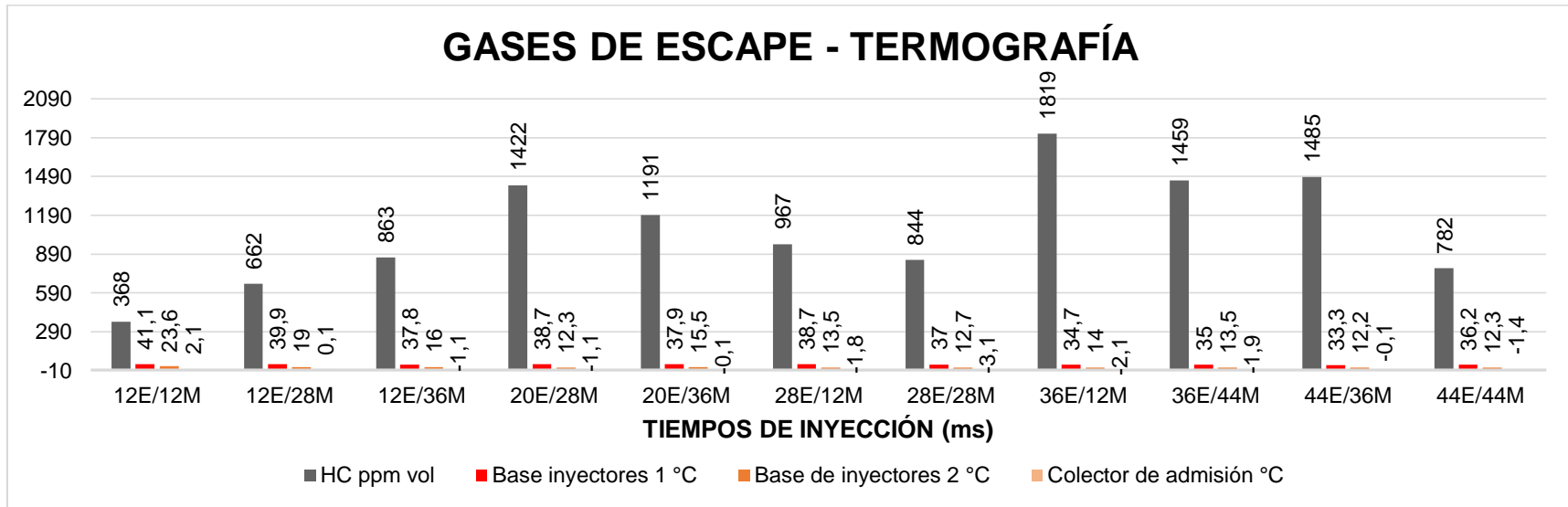
En el colector de admisión se genera una temperatura máxima de 2,1 °C y una mínima de -3,1 °C producidos por la combinación de 12/12 ms de etanol/metanol y 28/28 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma que produce una reducción de 1,47 veces menos del valor inicial en la temperatura, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono se incrementa en 2,1% de volumen.



**Figura 248.** Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas de la base de inyector 1 y la base de inyector 2, incrementa de 368 ppm de volumen a 1485 ppm de volumen la cual representa un crecimiento de 4,03 veces su valor inicial y un aumento de 7,69 veces a comparación de las pruebas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

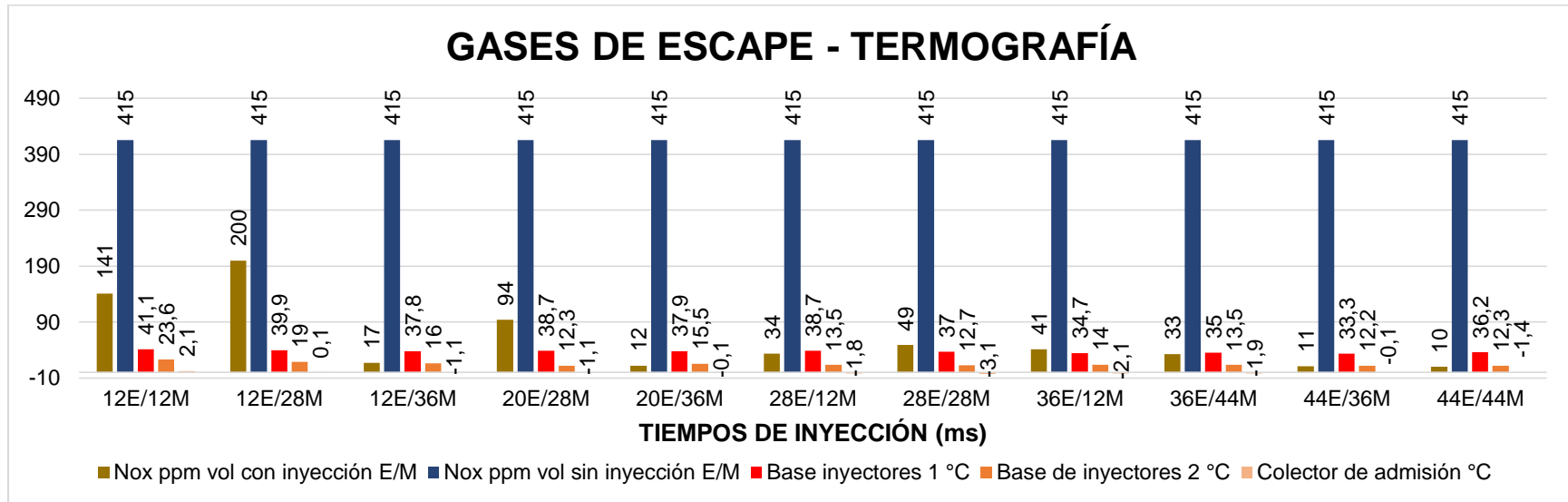
De la temperatura mayor y menor del colector de admisión, se determina que los valores del Hidrocarburo se incrementan de 368 ppm de volumen a 844 ppm de volumen, produciendo una ampliación de 2,29 veces el valor inicial y 4,37 veces acorde a las pruebas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.



**Figura 249.** HC – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

En la temperatura máxima de la base de inyector 1 y la base de inyectores 2 dados por la combinación de 12/12 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 141 de ppm de volumen y en la temperatura mínima de la inyección de 44/36 ms de etanol/metanol son 11 ppm de volumen la cual disminuye su valor en 92,2% entre si y decrece el 66,02% y 97,34% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

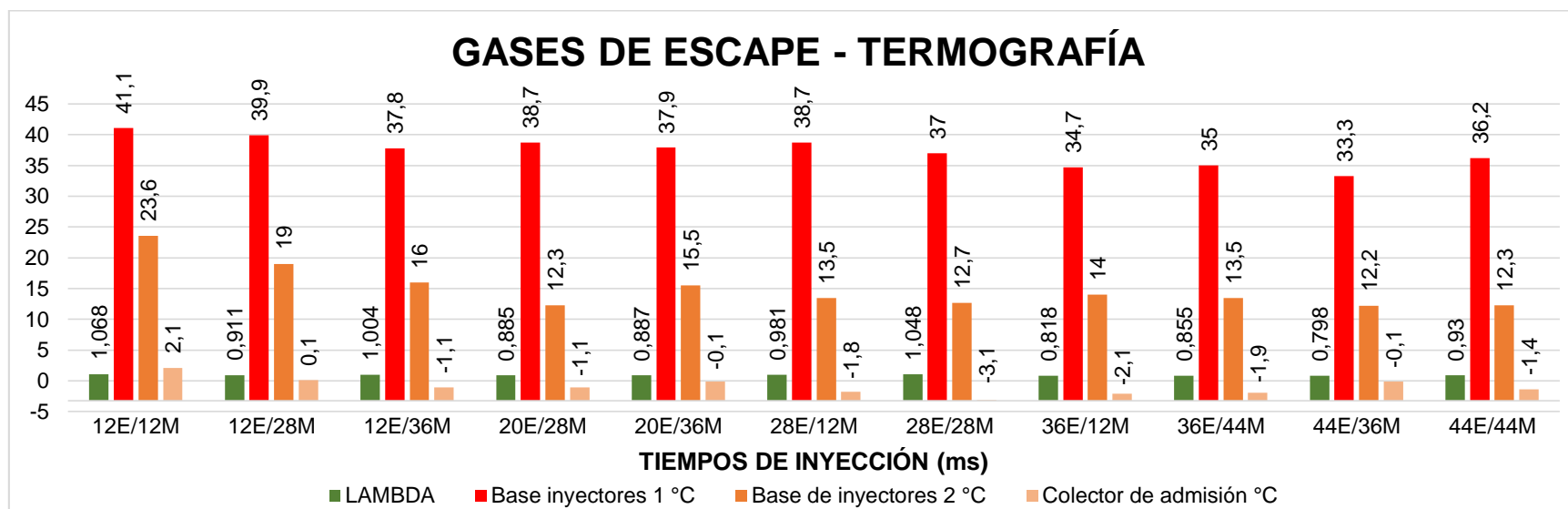
El colector de admisión en su temperatura máxima del resultado de inyectar 12/12 ms de etanol/etanol el valor de Óxidos nitrosos es 141 ppm de volumen y en su temperatura mínima a 28/28 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 49 ppm de volumen la cual disminuye en 65,24% entre si y se contrae en 66,02% y 88,19% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.



**Figura 250.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

Se observa que con la temperatura máxima y mínima en el colector de admisión el factor Lambda se encuentra indicando que existe una mezcla rica en el sistema.

El factor Lambda de la temperatura mayor de la base de inyectores 1 y la base de inyectores 2 se encuentra indicando que existe una mezcla rica en el sistema y para la temperatura menor se produce una mezcla pobre en el sistema, considerándose que si la temperatura es mayor existe una mezcla rica en el sistema.

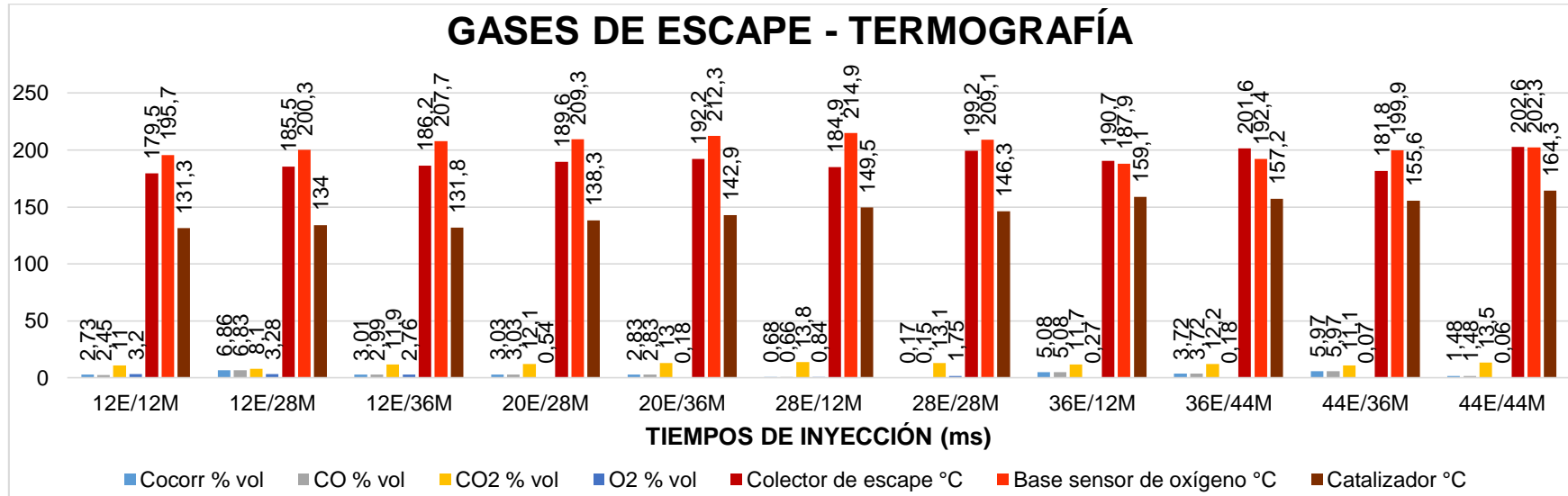


**Figura 251.** Lambda – Termografía del sistema de admisión a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

Con una inyección de 44/44 ms de etanol/metanol en el colector de escape se obtiene la temperatura máxima de 202,6 °C, en el catalizador de 164,3 °C y con la combinación de 12/12 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima en el múltiple de escape de 179,5 °C, en el catalizador de 131,3 °C, con un diferencia del 18,9% de depreciación de temperatura para el colector de escape y con una disminución del 26,85% para el catalizador, para tal efecto el comportamiento de los gases de escape correspondiente a Dióxido de carbono difiere en 2,5% de volumen.

En la base del sensor de Oxígeno se genera una temperatura máxima de 214,9 °C y una mínima de 187,9 °C producidos por la combinación de 28/12 ms de etanol/metanol y 36/12 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma

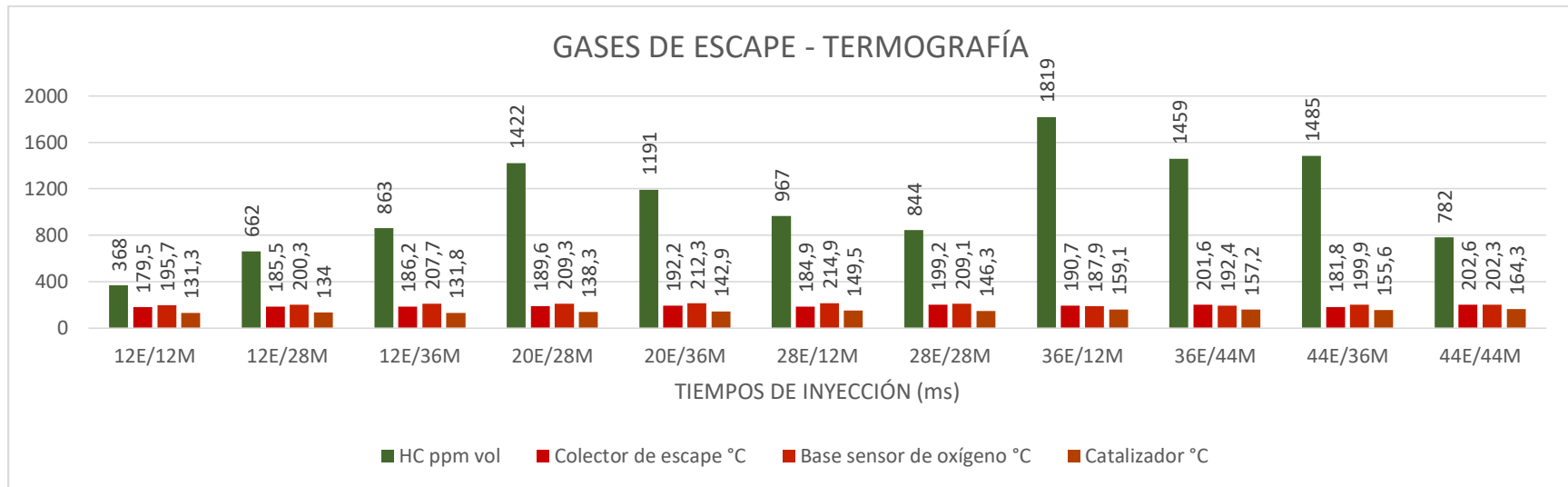
que produce una reducción del 12,56% en la temperatura, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono disminuye en 2,1% de volumen.



**Figura 252.** Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas del colector de escape y catalizador, disminuye de 782 ppm de volumen a 368 ppm de volumen la cual representa un decrecimiento del 52,94% entre si y un aumento de 4,05 veces a comparación de las pruebas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

De la temperatura mayor y menor de la base de sensor de oxígeno, se determina que las cantidades del Hidrocarburo se incrementan de 967 ppm de volumen a 1819 ppm de volumen, produciendo una ampliación de 1,88 veces el valor inicial y 9,42 veces acorde a las pruebas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.

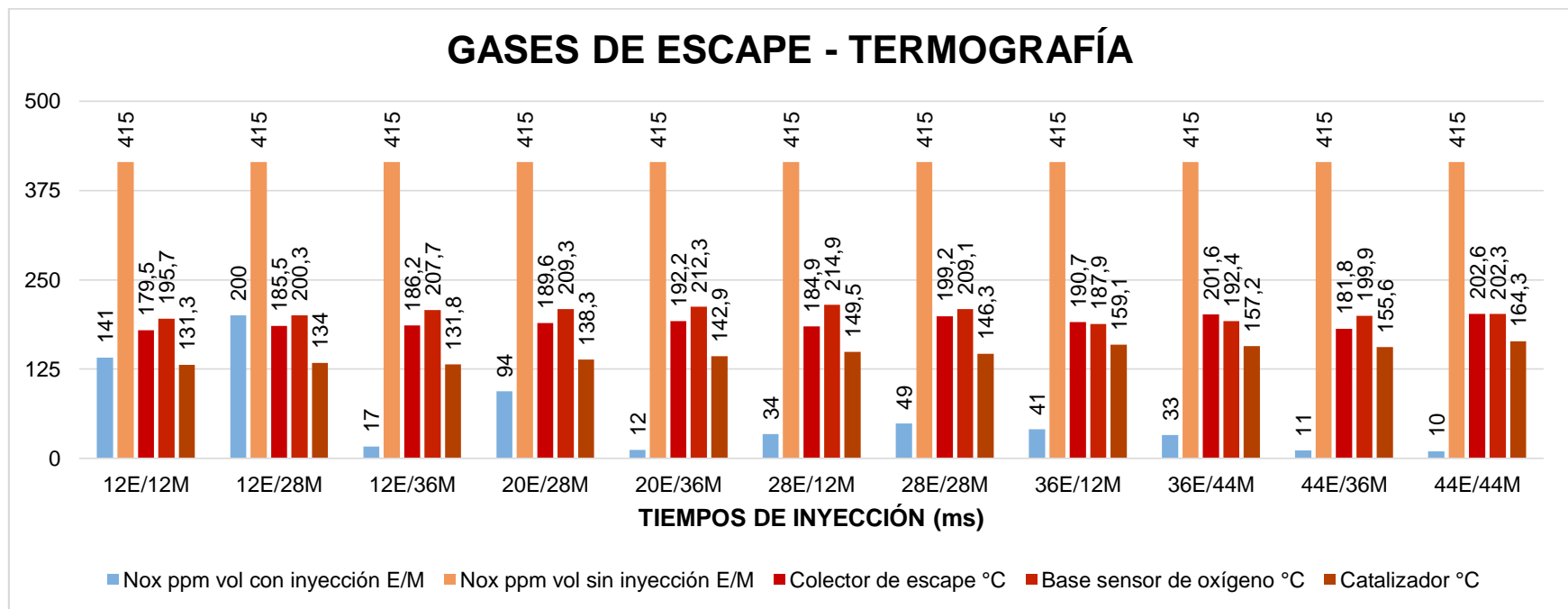


**Figura 253.** HC – Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

En la temperatura máxima del colector de escape y el catalizador dados por la combinación de 44/44 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 10 de ppm de volumen y en la temperatura mínima de la inyección de 12/12 ms de etanol/metanol son 141 ppm de volumen la cual incrementa su valor en 14,4 veces su valor inicial y decrece el 97,59% y 66,02% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.



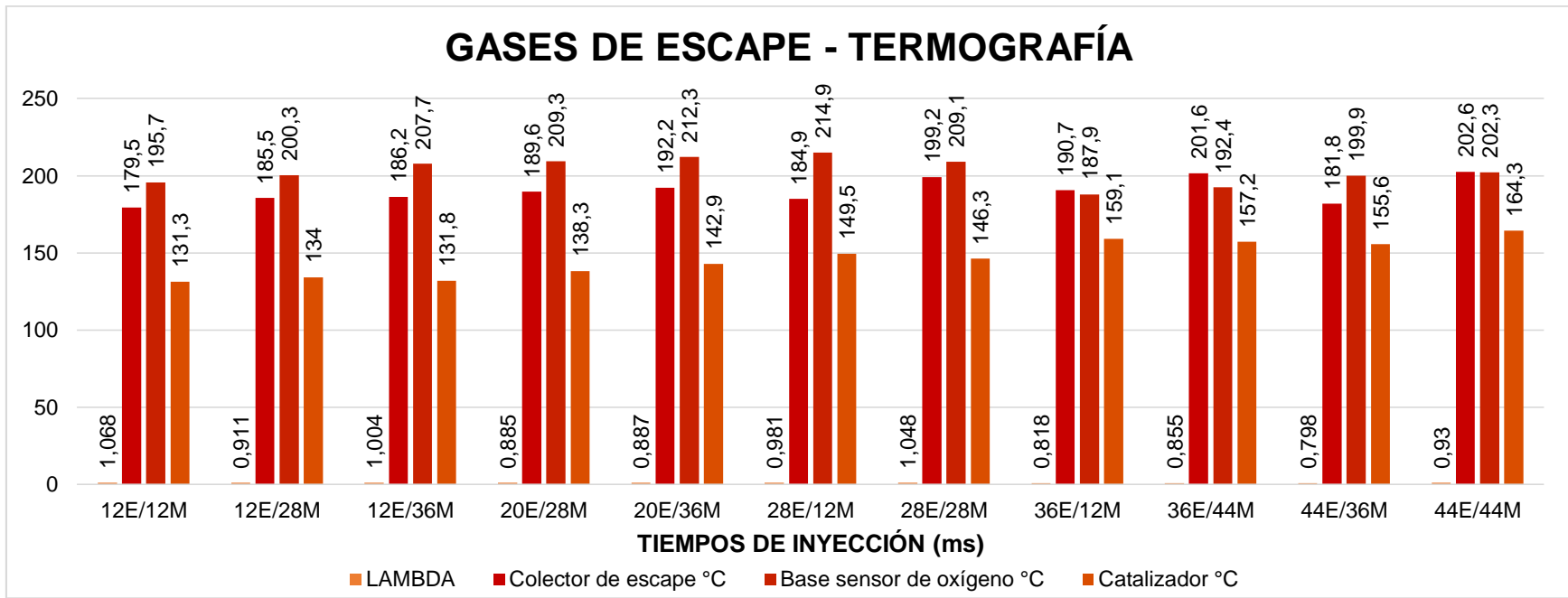
La base de sensor de oxígeno en su temperatura máxima del resultado de inyectar 28/12 ms de etanol/etanol el valor de Óxidos nitrosos es 34 ppm de volumen y en su temperatura mínima a 36/12 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 41 ppm de volumen la cual incrementa en 13,88% entre si y se contrae en 91,80% y 90,12% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.



**Figura 254.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

Se observa que con la temperatura máxima y mínima en la base del sensor de oxígeno el factor Lambda se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema.

El factor Lambda de la temperatura mayor del colector de escape y el catalizador se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema y para la temperatura menor se produce una mezcla rica, considerándose que si la temperatura es menor existe una mezcla rica en el sistema.



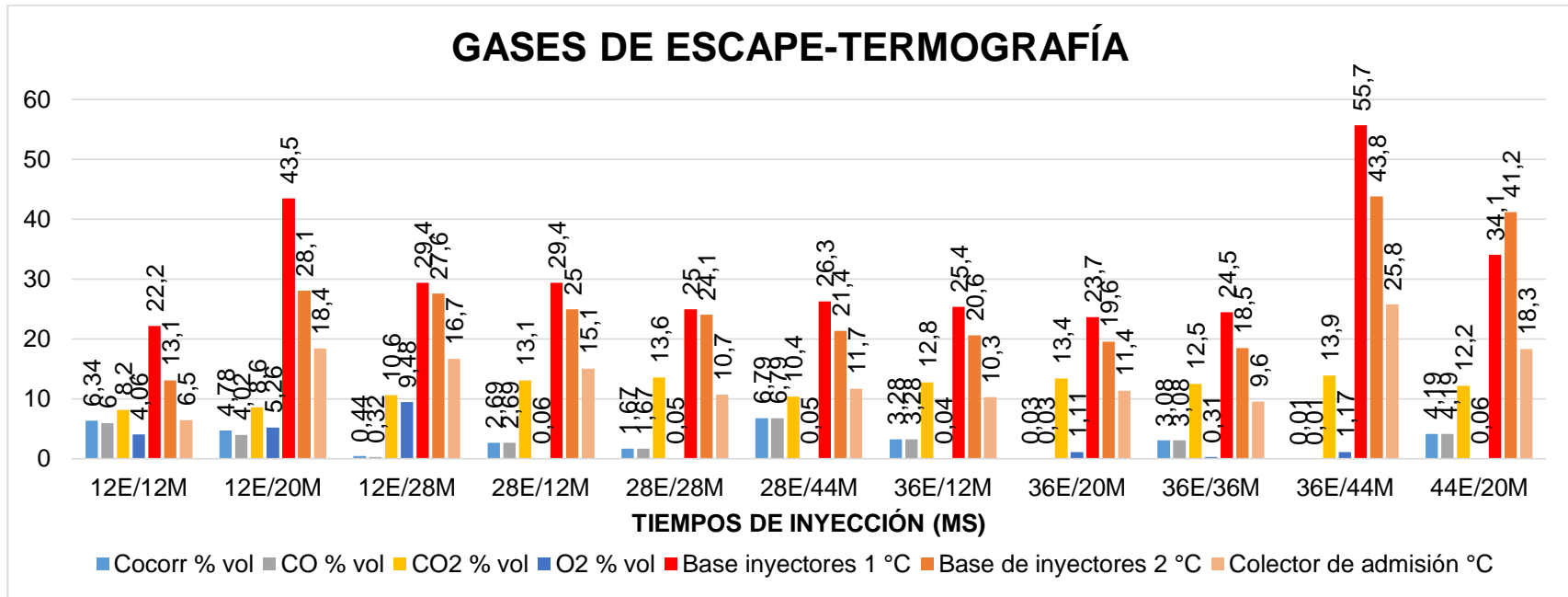
**Figura 255.** Lambda - Termografía del sistema de escape a 4000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

**Tabla 80***Gases de escape - Termografía a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración*

ANTES DEL CUERPO DE ACELERACIÓN															
r.p.m.	Etanol/ Metanol	GASES DE ESCAPE							TERMOGRAFÍA						
		Tiempos de inyección (ms)	COcor r % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx pp m Vol	Sistema de admisión			Sistema de escape		
										Base inyector 1	Base inyecto r 2	Colector de admisión	Colecto r de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizado r
°C	°C	°C	°C	°C	°C										
5000	12E/12M	6,34	0,978	6	8,2	538	4,0 6	94	22,2	13,1	6,5	202,6	211,7	113,5	
	12E/20M	4,78	1,072	4,0 2	8,6	144 2	5,2 6	178	43,5	28,1	18,4	197,9	219,2	117,2	
	12E/28M	0,44	1,571	0,3 2	10, 6	301	9,4 8	32	29,4	27,6	16,7	201,1	220,3	124,9	
	28E/12M	2,69	0,901	2,6 9	13, 1	741	0,0 6	16	29,4	25	15,1	210,3	231,1	128,5	
	28E/28M	1,67	0,933	1,6 7	13, 6	561	0,0 5	16	25	24,1	10,7	207,8	231,7	132,9	
	28E/44M	6,79	0,784	6,7 9	10, 4	114 9	0,0 5	19	26,3	21,4	11,7	198,9	224,1	143,8	
	36E/12M	3,28	0,884	3,2 8	12, 8	763	0,0 4	13	25,4	20,6	10,3	207,5	221,3	154,4	
	36E/20M	0,03	1,044	0,0 3	13, 4	273	1,1 1	46	23,7	19,6	11,4	202,7	228,9	169,4	
	36E/36M	3,08	0,9	3,0 8	12, 5	716	0,3 1	71	24,5	18,5	9,6	209	224,5	190,4	
	36E/44M	0,01	1,047	0,0 1	13, 9	253	1,1 7	50	55,7	43,8	25,8	207,6	223,4	195,6	
44E/20M	4,19	0,857	4,1 9	12, 2	907	0,0 6	14	34,1	41,2	18,3	201,5	224,8	213,7		

Con una inyección de 36/44 ms de etanol/metanol en la base del inyector 1 se obtiene la temperatura máxima de 55,7 °C, en la base de inyectores 2 de 43,8 °C y con la combinación de 12/12 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima en la base de inyector 1 de 22,2 °C, en la base de inyectores 2 de 13,1 °C, con un diferencia del 60,14% de depreciación de temperatura para la base de inyector 1 y con una disminución del 70,09% para la base de inyectores 1, para tal efecto el comportamiento de los gases de escape correspondiente a Dióxido de carbono difiere en 5,7% de volumen.

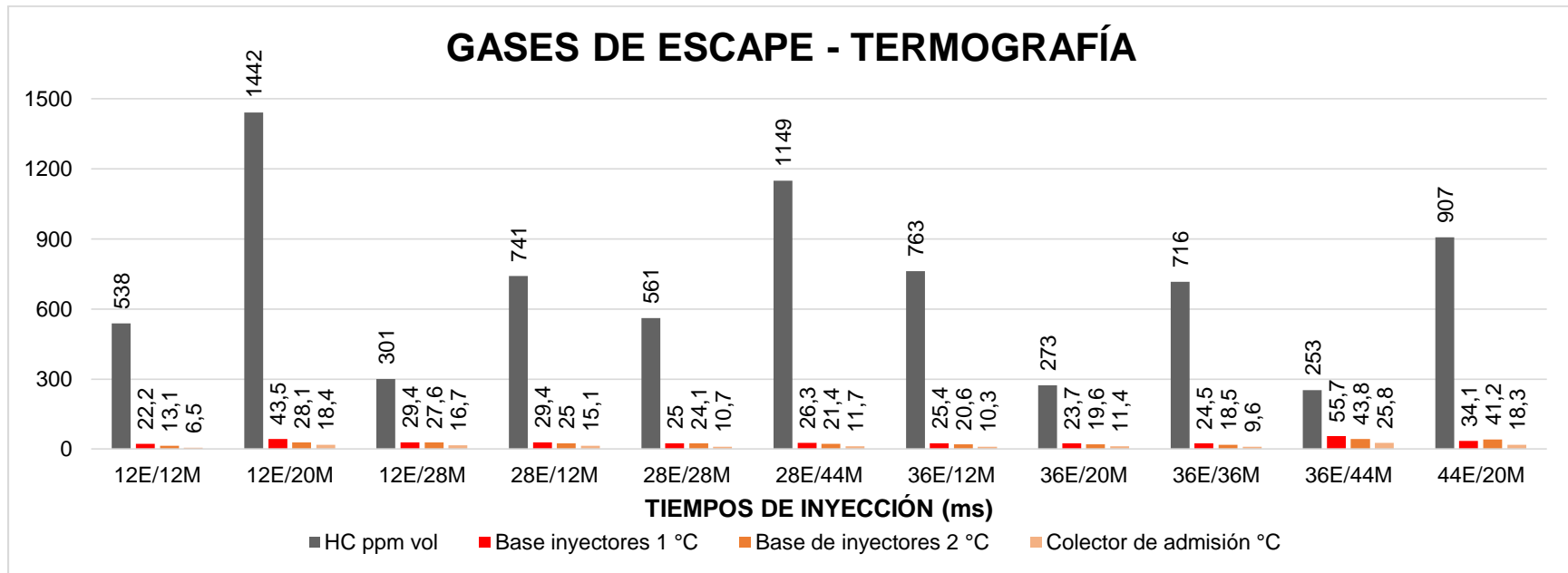
En el colector de admisión se genera una temperatura máxima de 25,8 °C y una mínima de 9,6 °C producidos por la combinación de 36/44 ms de etanol/metanol y 36/36 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma que produce una reducción del 62,79% entre sí, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono disminuye en 1,4% de volumen.



**Figura 256.** Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas de la base de inyector 1 y la base de inyector 2, incrementa de 253 ppm de volumen a 538 ppm de volumen la cual representa un crecimiento de 2,12 veces su valor inicial y un aumento de 3,3 veces a comparación de las pruebas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

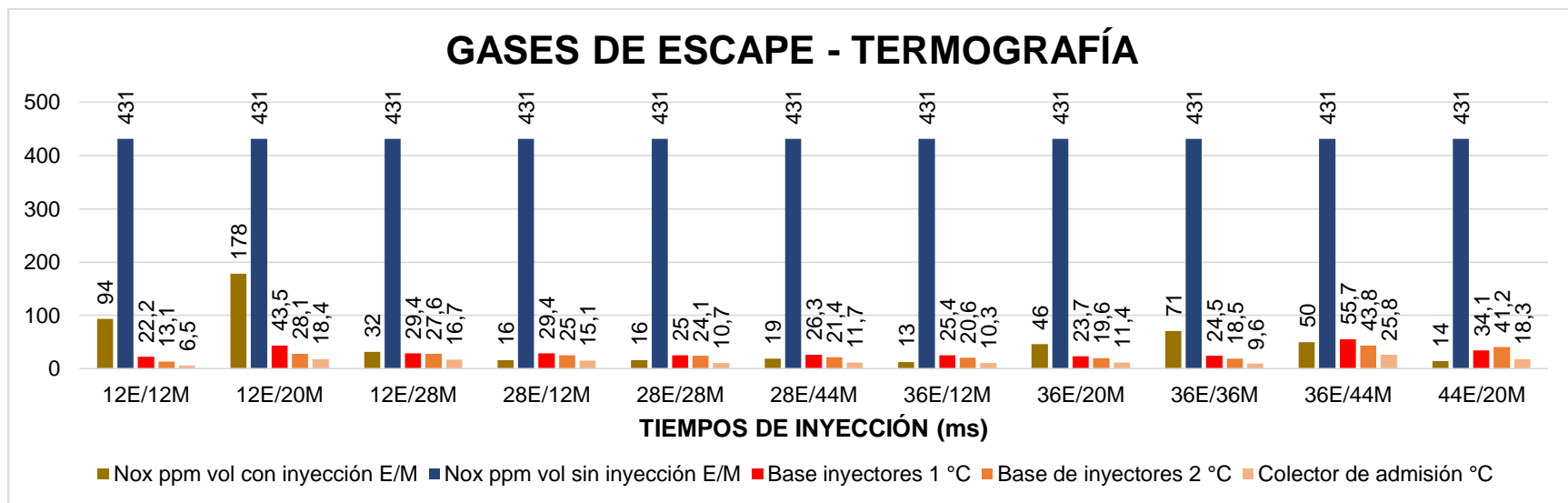
De la temperatura mayor y menor del colector de admisión, se determina que los valores del Hidrocarburo se incrementan de 253 ppm de volumen a 716 ppm de volumen, produciendo una ampliación de 2,83 veces el valor inicial y 4,39 veces acorde a las pruebas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.



**Figura 257.** HC – Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

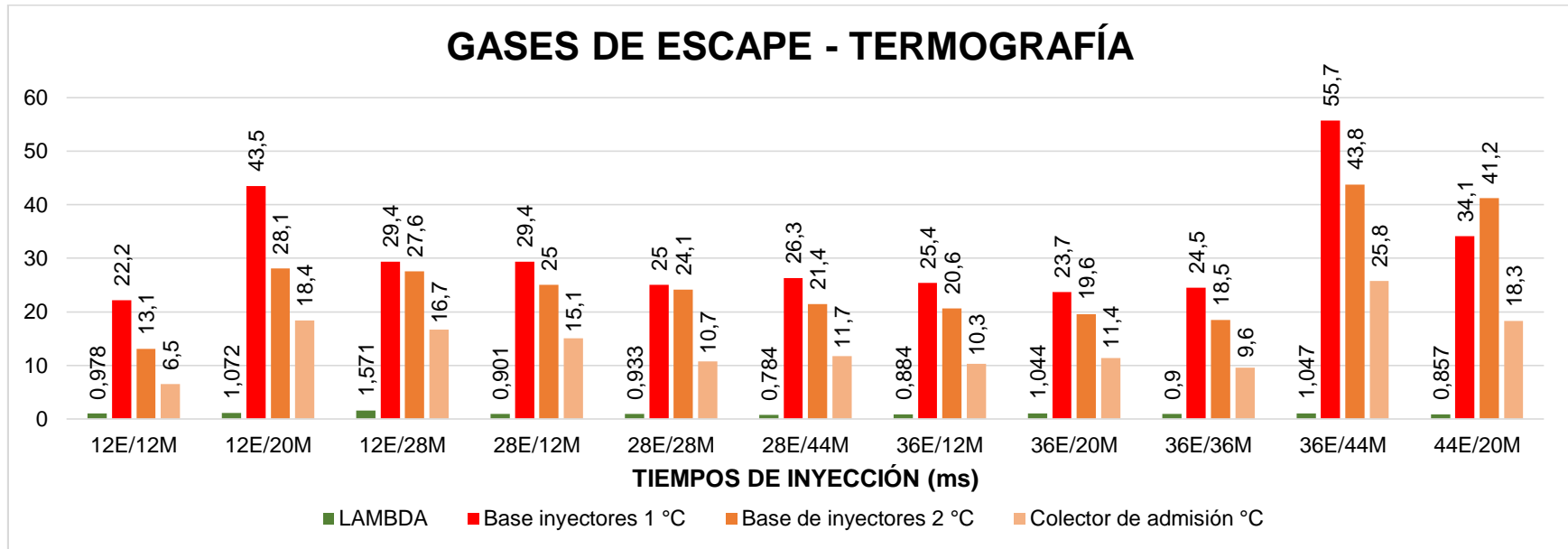
En la temperatura máxima de la base de inyector 1 y la base de inyectores 2 dados por la combinación de 36/44 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 50 de ppm de volumen y en la temperatura mínima de la inyección de 12/12 ms de etanol/metanol son 94 ppm de volumen la cual incrementa su valor en 88% entre si y decrece el 88,4% y 78,19% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

El colector de admisión en su temperatura máxima del resultado de inyectar 36/44 ms de etanol/etanol el valor de Óxidos nitrosos es 50 ppm de volumen y en su temperatura mínima a 36/36 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 71 ppm de volumen la cual incrementa en 42% entre si y se contrae en 88,31% y 83,53% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.



**Figura 258.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

El factor Lambda de la temperatura mayor de la base de inyectoros 1, la base de inyectoros 2 y colector de admisión se encuentra indicando que existe una mezcla rica en el sistema y para la temperatura menor se produce una mezcla pobre, considerándose que si la temperatura es mayor existe una mezcla rica en el sistema.



**Figura 259.** Lambda - Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

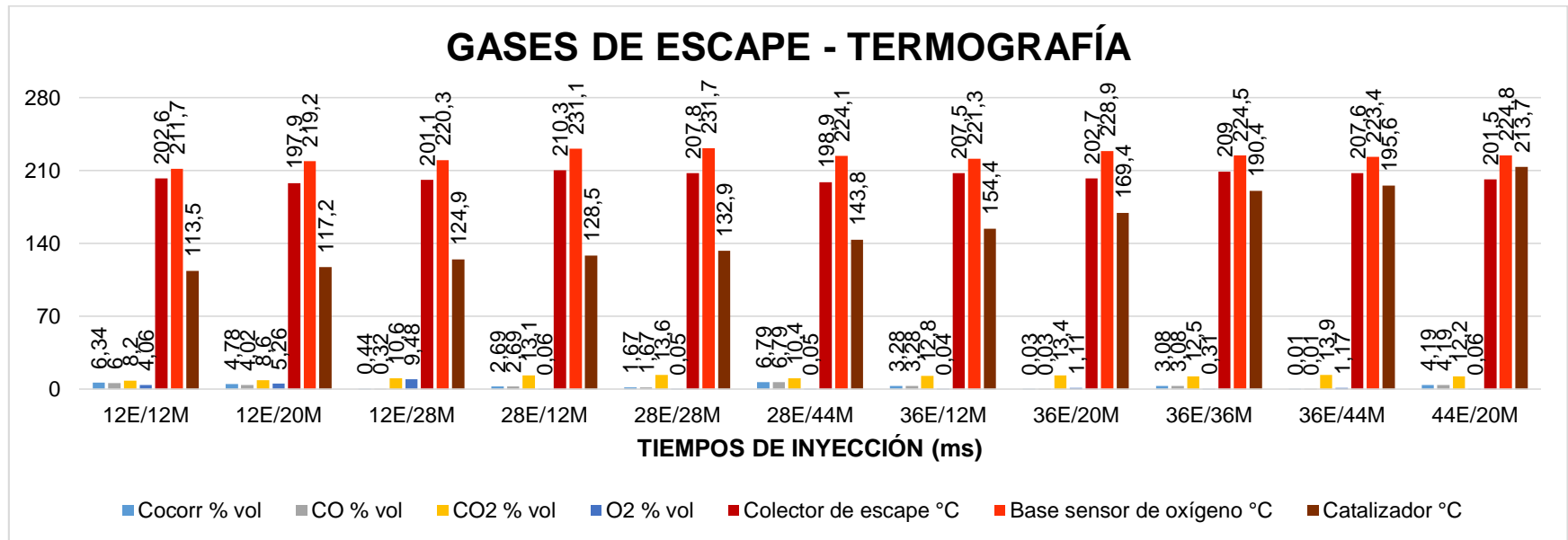
Con el módulo de control a 28/12 ms de inyección de etanol/metanol en el colector de escape se obtiene la temperatura máxima de 210,3 °C, con la combinación de 12/20 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima de 197,9 °C, con una diferencia del 5,89% de depreciación de temperatura, el Dióxido de carbono disminuye de 13,1% de volumen a 8,6% de volumen, la cual representa un decrecimiento del 34,35%.

De las combinaciones de 28/28 ms de etanol/metanol y 12/12 ms de etanol/metanol en la base de sensor de Oxígeno la temperatura máxima es 231,7 °C y la mínima de 211,7 °C respectivamente con una disminución de temperatura del



8,63%, disminuye el valor de Dióxido de carbono de 13,6% de volumen a 8,2% de volumen, la cual representa un decrecimiento del 39,7%.

En el catalizador la temperatura máxima es 213,7 °C y una mínima de 113,5 °C producidos por la inyección de 44/20 ms de etanol/metanol y 12/12 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma que produce una reducción de la temperatura, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono disminuye de 12,2% de volumen a 8,2% de volumen.

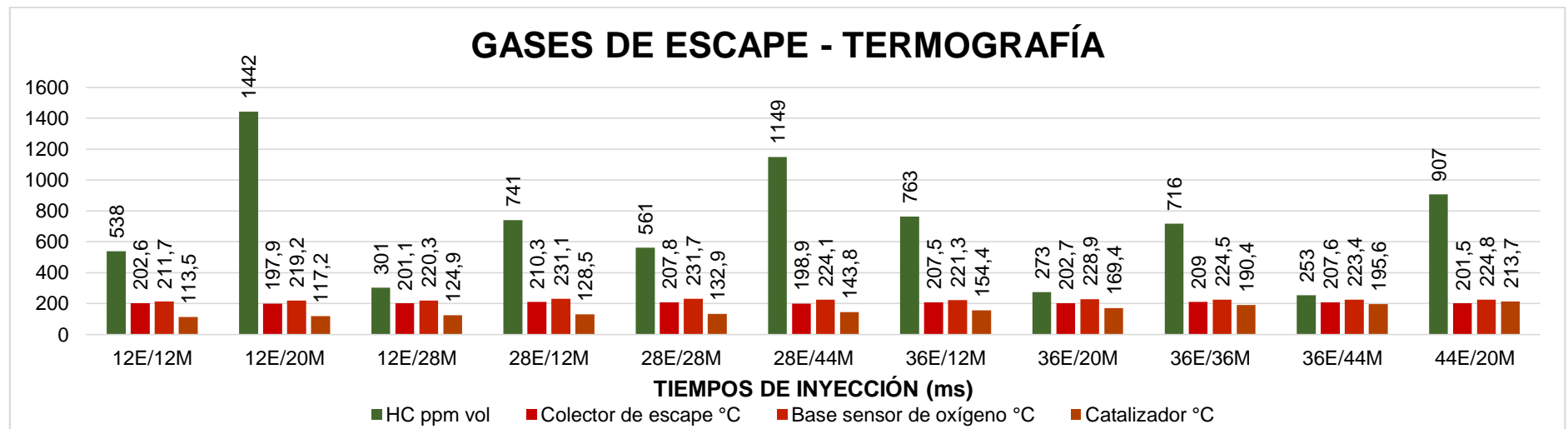


**Figura 260.** Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas del colector de escape incrementan de 741 ppm de volumen a 1442 ppm de volumen la cual representa un crecimiento del 94,60% y un incremento de 8,84 veces el valor de las pruebas realizadas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

De los valores máximos y mínimos de la base de sensor de oxígeno, se determina que los Hidrocarburos disminuyen de 561 ppm de volumen a 538 ppm de volumen, produciendo un decrecimiento del 4,09% y un incremento de 3,44 veces el valor de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.

En el catalizador de las temperaturas máximas y mínimas el comportamiento de los Hidrocarburos disminuye de 907 ppm de volumen a 538 ppm de volumen la cual representa una reducción del 40,68% y un incremento de 5,56 veces a comparación de las pruebas realizadas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

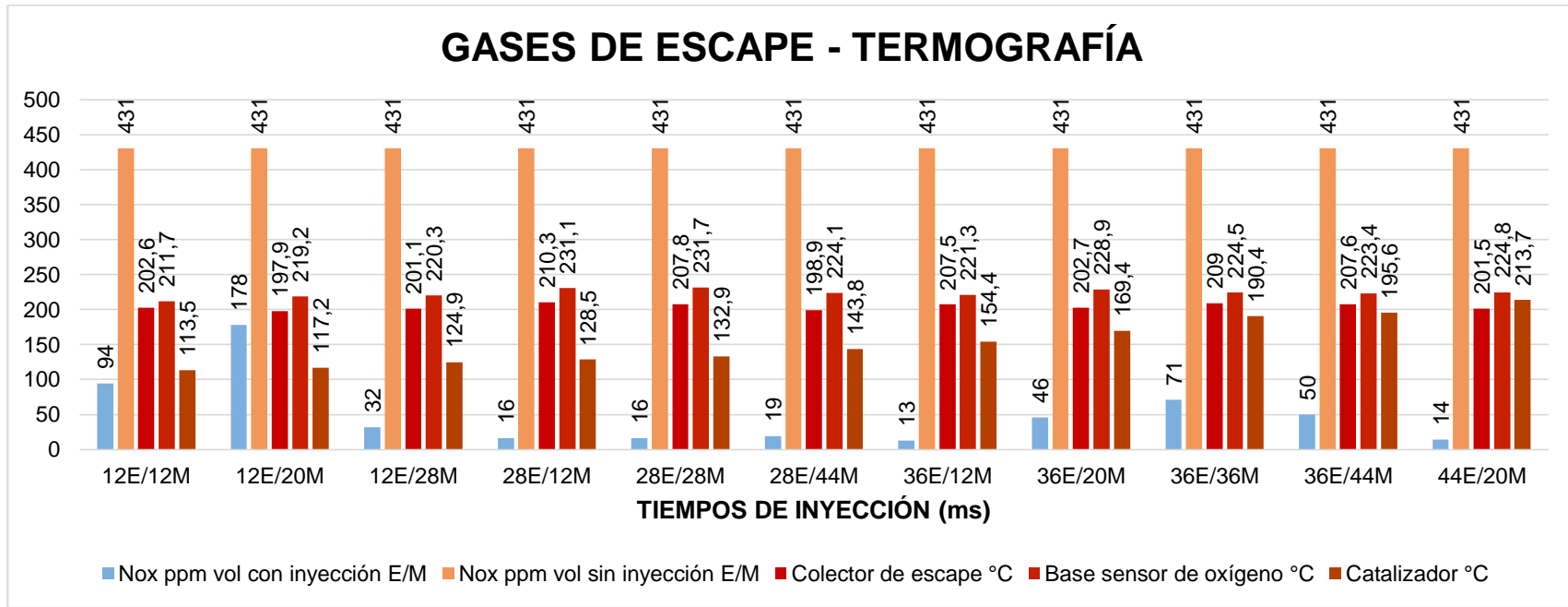


**Figura 261.** HC - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

En la temperatura máxima del colector de escape dados por la combinación de 28/12 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 16 ppm de volumen y en la temperatura mínima de la inyección de 12/20 ms de etanol/metanol el valor de Óxidos nitrosos es 178 ppm de volumen la cual se incrementa en 11,12 veces su valor inicial y se reduce en 96,29% y 58,7% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

La base de sensor de oxígeno en su temperatura máxima del resultado de inyectar 28/28 ms de etanol/etanol la cantidad de Óxidos nitrosos es 16 ppm de volumen y en su temperatura mínima a 12/12 ms de etanol/metanol el valor de Óxidos nitrosos es 94 ppm de volumen la cual se incrementa en 5,87 veces su valor y se contrae en 96,29 % y 78,19 % respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

El comportamiento de los Óxidos nitrosos de 14 ppm de volumen y 94 ppm de volumen en las temperaturas máximas y mínimas del catalizador dado por la combinación de 44/20 y 12/12 ms de etanol/metanol respectivamente, se incrementa en 6,7 veces su valor y en 96,75% y 78,19% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35



**Figura 262.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

Se observa que con la temperatura máxima y mínima en la base del sensor de oxígeno y catalizador el factor Lambda se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema.

El factor Lambda de la temperatura mayor del colector de escape se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema y para la temperatura menor se produce una mezcla rica, considerándose que si la temperatura es menor existe una mezcla rica en el sistema debido al exceso de inyección.

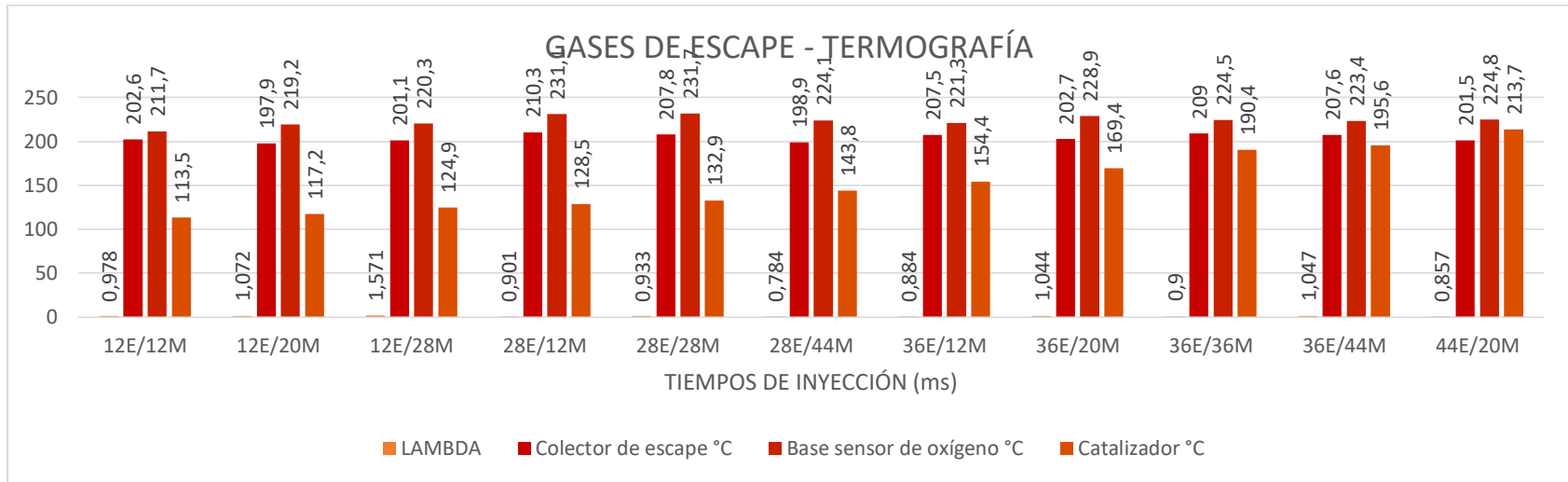


Figura 263. Lambda - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. antes del cuerpo de aceleración

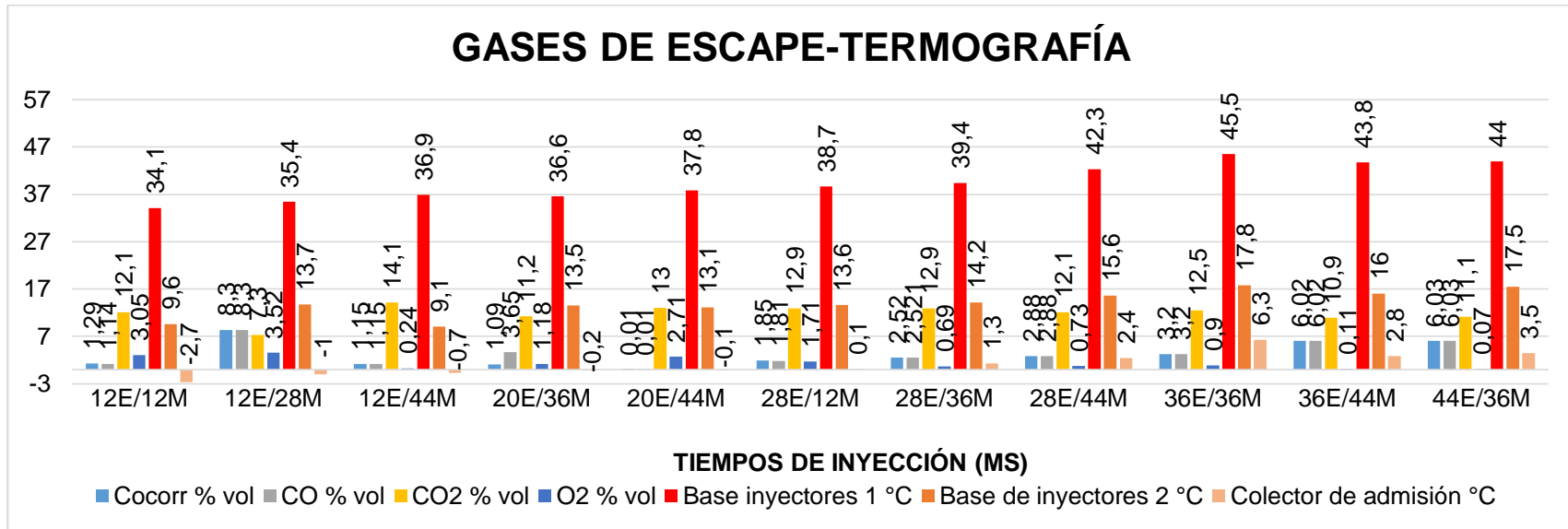
Tabla 81  
Gases de escape - Termografía a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

		DESPUÉS DEL CUERPO DE ACELERACIÓN								TERMOGRAFÍA					
Etanol/ Metanol		GASES DE ESCAPE							Sistema de admisión			Sistema de escape			
r.p.m.	Tiempos de inyección (ms)	COcorr % Vol	Lambda	CO % Vol	CO2 % Vol	HC ppm Vol	O2 % Vol	NOx ppm Vol	Base inyector 1	Base inyector 2	Colector de admisión	Colector de escape	Base sensor de oxígeno	Catalizador	
										°C	°C	°C	°C	°C	°C
5000	12E/12M	1,29	1,106	1,14	12,1	348	3,05	106	34,1	9,6	-2,7	183,5	208,1	159,1	
	12E/28M	8,3	0,873	8,3	7,3	709	3,52	52	35,4	13,7	-1	187,6	210	162,7	

12E/44M	1,15	0,937	1,15	14,1	1090	0,24	21	36,9	9,1	-0,7	198	209,4	165,9
20E/36M	1,09	1,024	3,65	11,2	1498	1,18	22	36,6	13,5	-0,2	195,5	214,1	159,9
20E/44M	0,01	1,109	0,01	13	733	2,71	69	37,8	13,1	-0,1	189,2	218,1	185,7
28E/12M	1,85	0,981	1,81	12,9	1132	1,71	46	38,7	13,6	0,1	186,8	220,8	192,4
28E/36M	2,52	0,914	2,521	12,9	1223	0,69	31	39,4	14,2	1,3	186,6	222,9	190,9
28E/44M	2,88	0,897	2,88	12,1	1414	0,73	130	42,3	15,6	2,4	202,9	224,4	187,3
36E/36M	3,2	0,907	3,2	12,5	1189	0,9	84	45,5	17,8	6,3	203,7	223,5	188,6
36E/44M	6,02	0,788	6,02	10,9	1790	0,11	37	43,8	16	2,8	196,1	222	190,8
44E/36M	6,03	0,794	6,03	11,1	1584	0,07	12	44	17,5	3,5	201,7	225	201,7

Con una inyección de 36/36 ms de etanol/metanol en la base del inyector 1 se obtiene la temperatura máxima de 45,5 °C, en el colector de admisión de 6,3 °C y con la combinación de 12/12 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima en la base de inyector 1 de 34,1 °C, en el múltiple de admisión de -2,7 °C, con un diferencia del 25,25% de depreciación de temperatura para la base de inyector 1 y con una disminución del 81,72% para el colector de admisión, para tal efecto el comportamiento de los gases de escape correspondiente a Dióxido de carbono difiere en 0,4% de volumen.

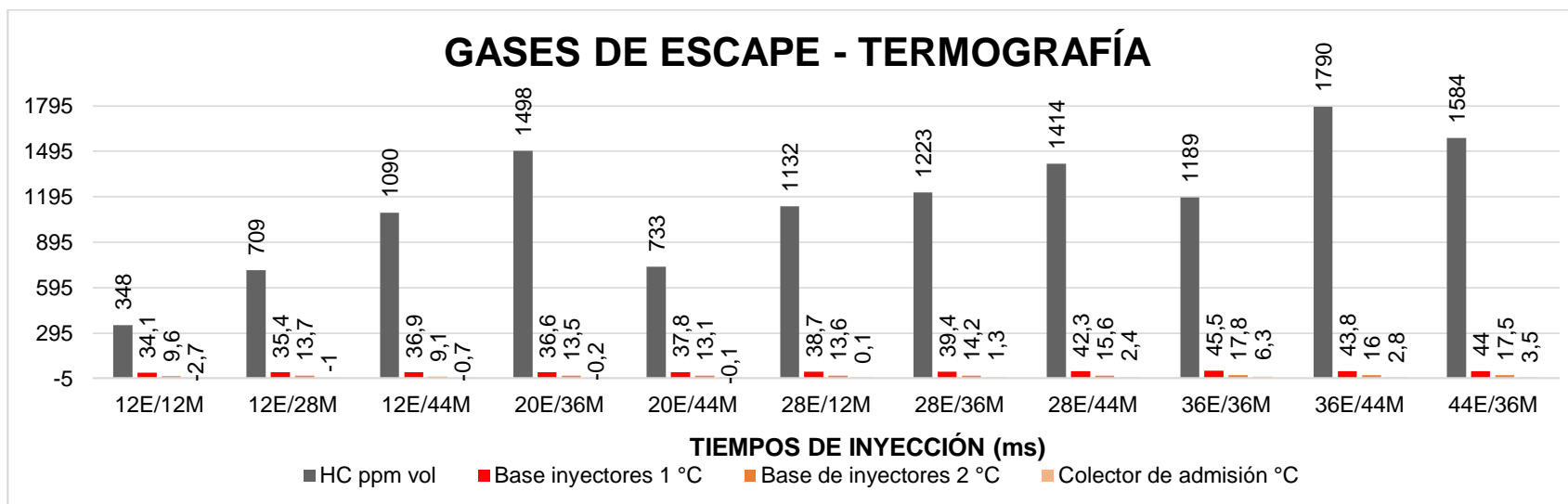
En la base de inyectores 2 se genera una temperatura máxima de 17,8 °C y una mínima de 9,1 °C producidos por la combinación de 36/36 ms de etanol/metanol y 12/44 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma que produce una reducción del 48,87% entre sí, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono incrementa en 1,6% de volumen.



**Figura 264.** Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas de la base de inyector 1 y el colector de admisión, disminuye de 1189 ppm de volumen a 398 ppm de volumen la cual representa una decrecimiento del 66,53% y un aumento de 7,29 veces a comparación de las pruebas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

De la temperatura mayor y menor de la base de inyectores 2, se determina que los valores del Hidrocarburo disminuyen de 1189 ppm de volumen a 1090 ppm de volumen, produciendo una ampliación de 8,33% y 7,29 veces acorde a las pruebas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.

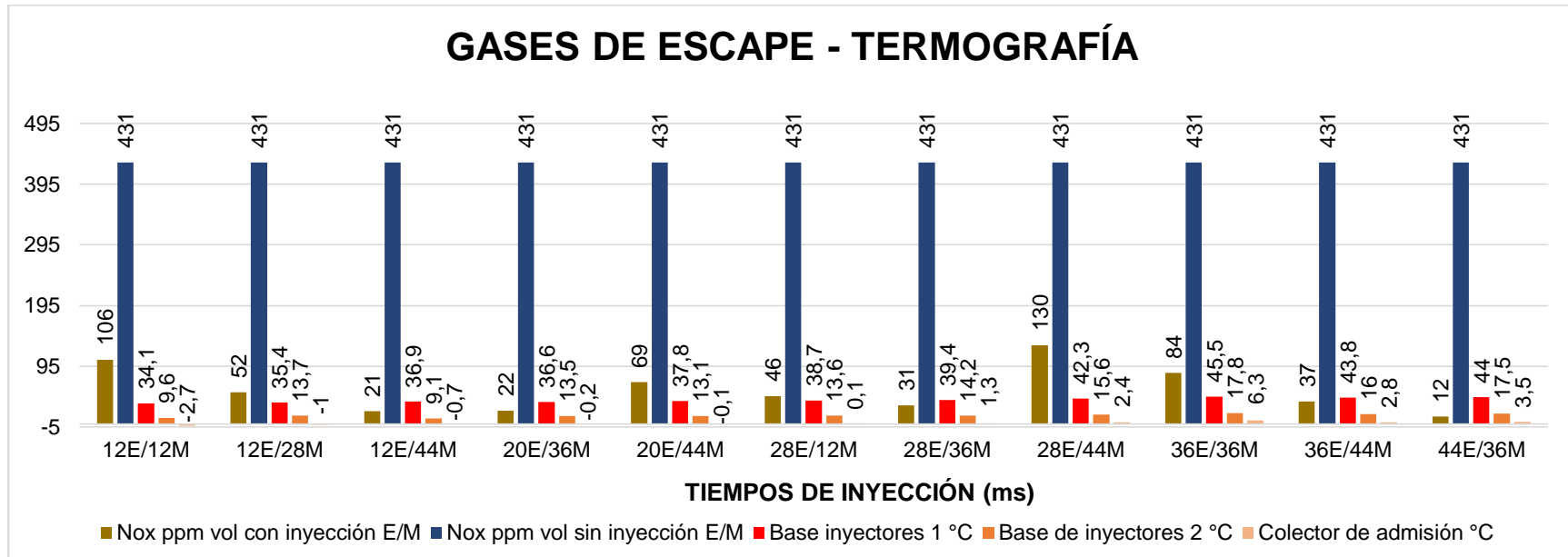


**Figura 265.** HC - Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

En la temperatura máxima de la base de inyector 1 y el colector de admisión dados por la combinación de 36/36 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 84 de ppm de volumen y en la temperatura mínima de la inyección de 12/12 ms de etanol/metanol son 106 ppm de volumen la cual incrementa su valor en 26,19% entre si y decrece el 80,51% y 75,4% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

La base de inyectores 2 en su temperatura máxima del resultado de inyectar 36/36 ms de etanol/etanol el valor de Óxidos nitrosos es 84 ppm de volumen y en su temperatura mínima a 12/44 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 21 ppm de volumen la cual disminuye en 75% entre si y se contrae en 80,51% y 95,13% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

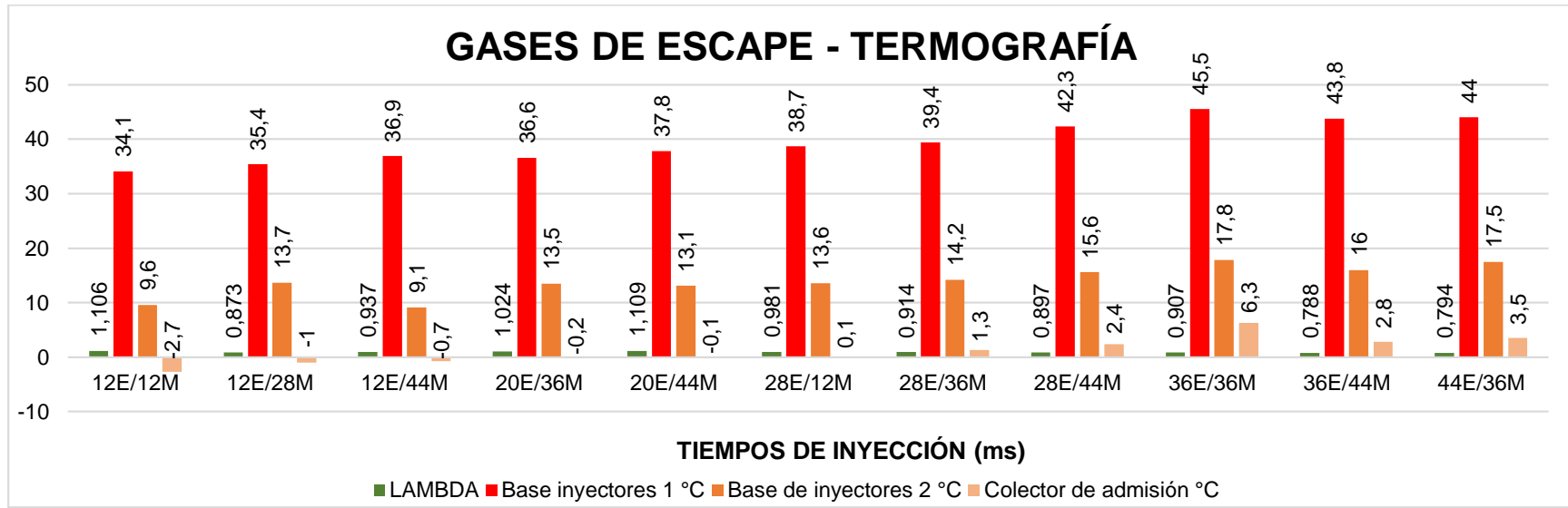




**Figura 266.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

El factor Lambda de la temperatura mayor de la base de inyectores 1 y el colector de admisión se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema y para la temperatura menor se produce una mezcla rica, considerándose que si la temperatura es menor existe una mezcla rica debido al exceso de inyección en el sistema.

Se observa que con la temperatura máxima y mínima en la base de inyectores 2 el factor Lambda se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema.

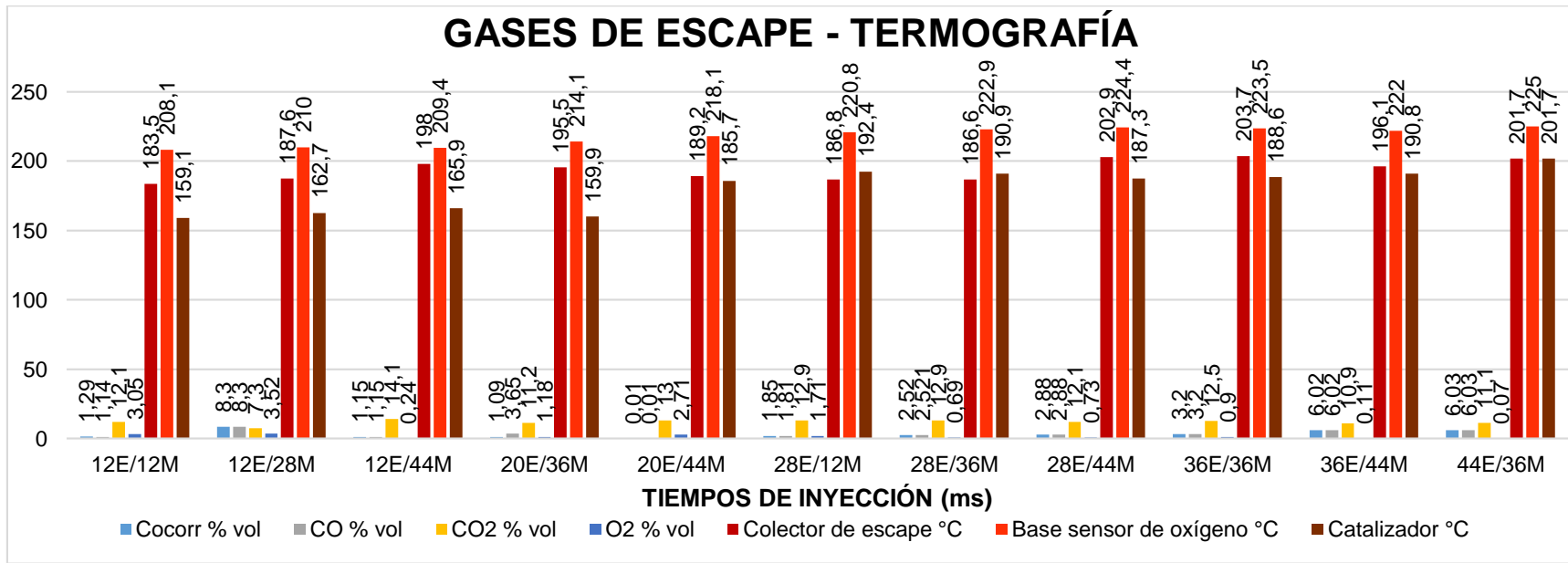


**Figura 267.** Lambda - Termografía del sistema de admisión a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

Con una inyección de 44/36 ms de etanol/metanol en la base del sensor de oxígeno se obtiene la temperatura máxima de 225 °C, en el catalizador de 201,7 °C y con la combinación de 12/12 ms de etanol/metanol se produce una temperatura mínima en la base de sensor de oxígeno de 208,1 °C, en el catalizador de 159,1 °C, con un diferencia del 7,51% de depreciación de temperatura para la base del sensor de oxígeno y con una disminución del 21,12% para el catalizador, para tal efecto el comportamiento de los gases de escape correspondiente a Dióxido de carbono difiere en 1% de volumen.

En el colector de escape se genera una temperatura máxima de 203,7 °C y una mínima de 183,5 °C producidos por la combinación de 36/36 ms de etanol/metanol y 12/12 ms de etanol/metanol respectivamente, la misma que produce

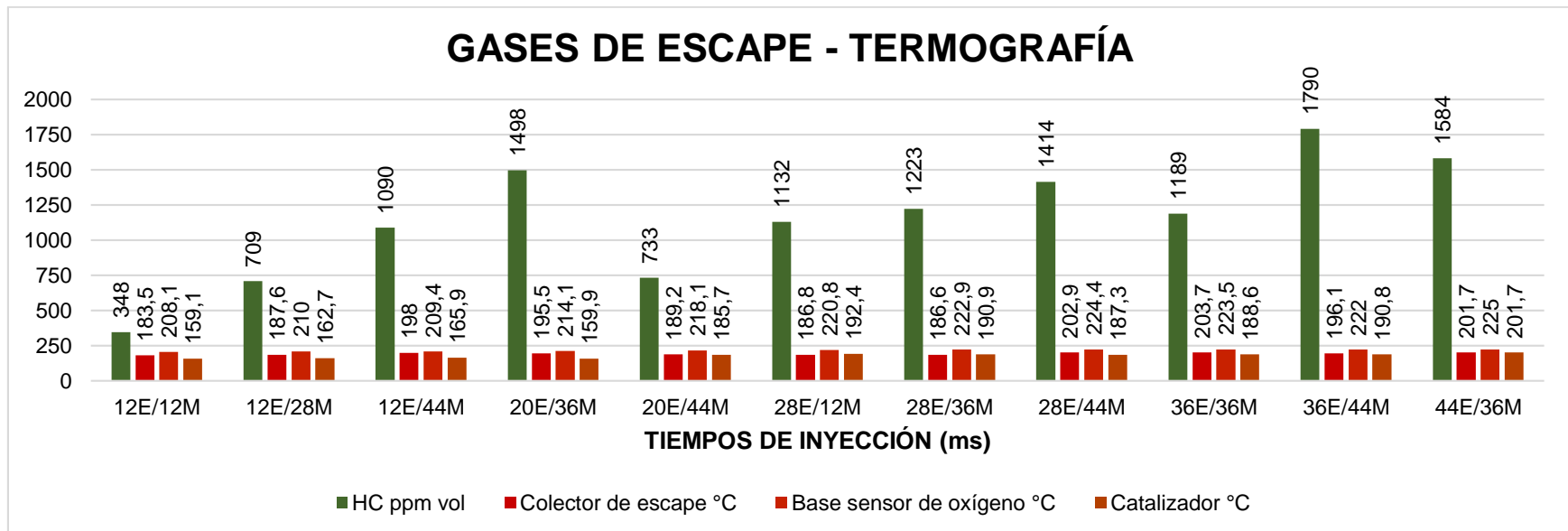
una reducción del 9,9% en la temperatura, de tal manera que el valor del Dióxido de carbono disminuye en 0,4% de volumen.



**Figura 268.** Gases de escape % de volumen – Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

El comportamiento de los Hidrocarburos para las temperaturas máximas y mínimas de la ase del sensor de oxígeno y catalizador, disminuye de 1584 ppm de volumen a 348 ppm de volumen la cual representa un decrecimiento del 78,03% entre si y un aumento de 9,73 veces a comparación de las pruebas sin inyección de etanol/metanol representado en la tabla 35.

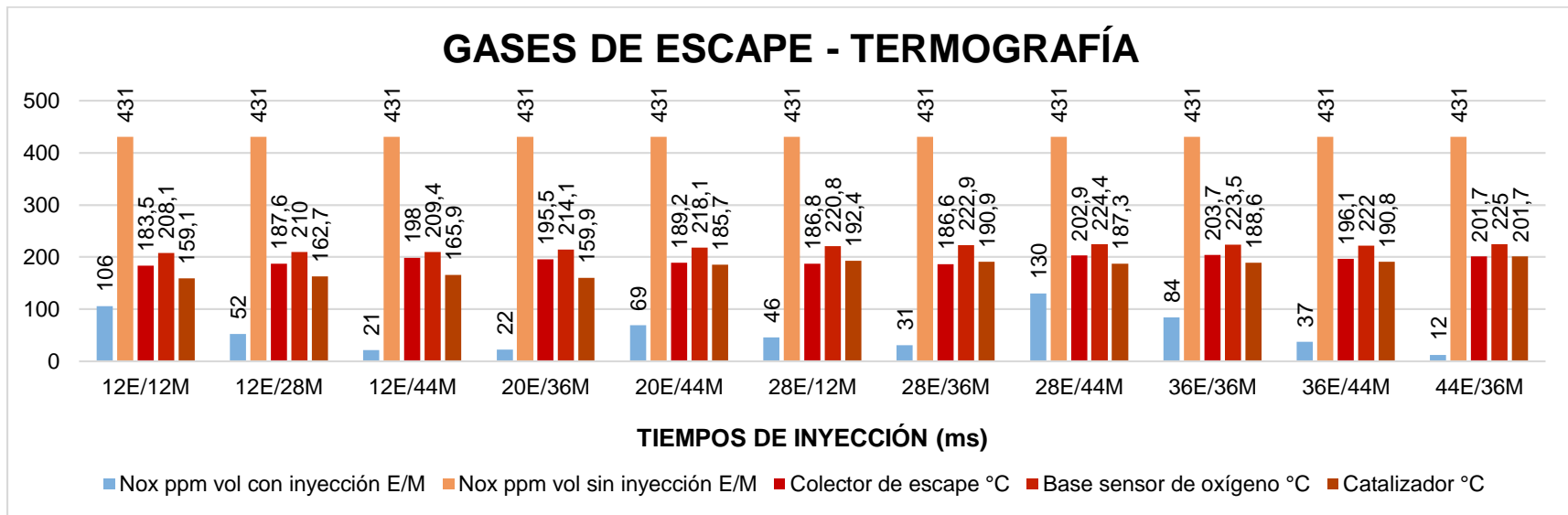
De la temperatura mayor y menor del colector de escape, se determina que las cantidades del Hidrocarburo disminuyen de 1189 ppm de volumen a 348 ppm de volumen, produciendo una reducción del 70,73% entre si y un incremento de 7,29 veces acorde a las pruebas sin el sistema de inyección etanol/metanol representado en la tabla 35.



**Figura 269.** HC - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

En la temperatura máxima de la base de sensor de oxígeno y el catalizador dados por la combinación de 44/36 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 12 de ppm de volumen y en la temperatura mínima de la inyección de 12/12 ms de etanol/metanol son 106 ppm de volumen la cual incrementa su valor en 8,83 veces su valor y decrece el 97,22% y 75,41% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.

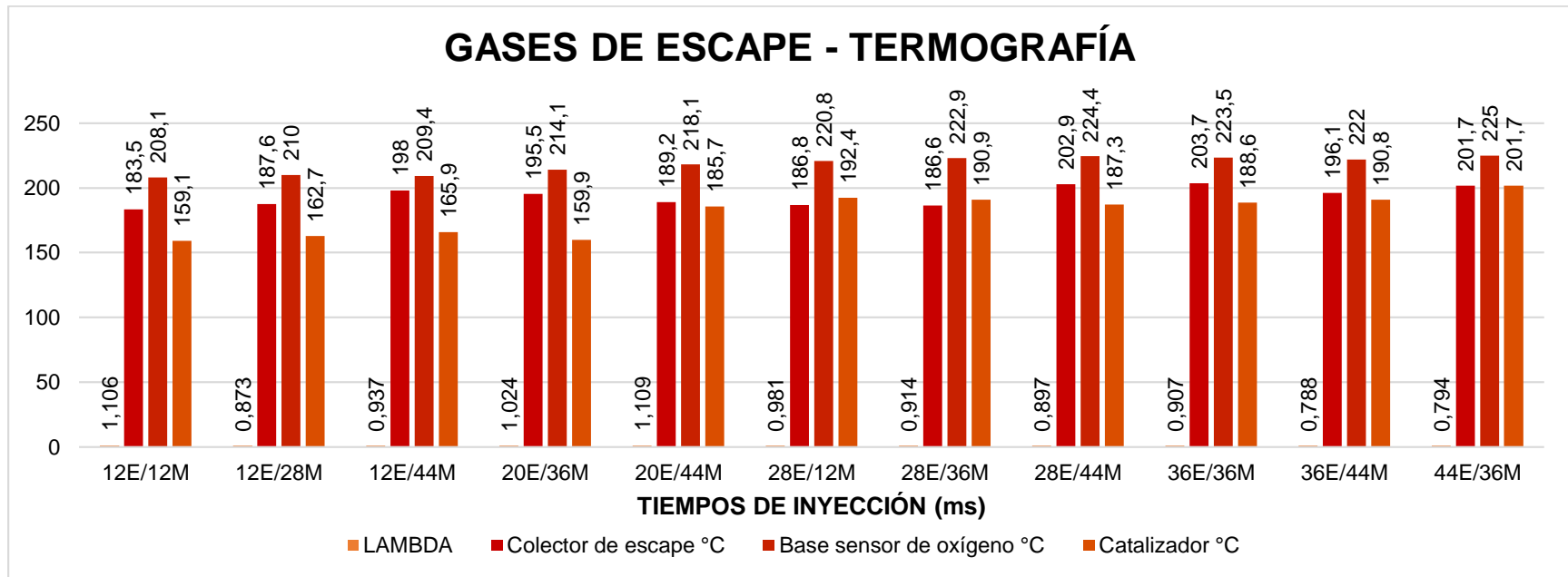
El colector de escape en su temperatura máxima del resultado de inyectar 36/36 ms de etanol/etanol el valor de Óxidos nitrosos es 84 ppm de volumen y en su temperatura mínima a 12/12 ms de etanol/metanol los Óxidos nitrosos son 106 ppm de volumen la cual incrementa en 26,19% entre si y se contrae en 80,51% y 75,41% respectivamente de las pruebas realizadas sin el sistema de inyección mencionado en la tabla 35.



**Figura 270.** NOx con y sin el sistema de inyección - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

Se observa que con la temperatura máxima y mínima en la base del sensor de oxígeno y catalizador el factor Lambda se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema.

El factor Lambda de la temperatura mayor del colector de escape se encuentra indicando que existe una mezcla pobre en el sistema y para la temperatura menor se produce una mezcla rica, considerándose que si la temperatura es menor existe una mezcla rica en el sistema debido al exceso de inyección.



**Figura 271.** Lambda - Termografía del sistema de escape a 5000 r.p.m. después del cuerpo de aceleración

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO ADMINISTRATIVO

En la elaboración del proyecto de investigación de análisis termográfico y control de emisiones del proceso de combustión en la inyección de combustible gasolina-etanol/metanol en el motor G13B, se consideraron aspectos administrativos y económicos de recursos que garantizan la factibilidad y viabilidad de su ejecución.

#### 5.1. Factibilidad del proyecto

Para el desarrollo del proyecto de titulación se tomó en cuenta la disponibilidad de recursos materiales, humanos y tecnológicos, cerciorando la factibilidad de su construcción.

##### 5.1.1. Recursos materiales

Los recursos materiales empleados para la ejecución del proyecto se detallan a continuación:

**Tabla 82**

*Recursos materiales*

Número	Material
2	Kit de inyección
1	Módulo de control
1	Cámara termográfica
1	Etanol
1	Metanol
2	Bases de inyectores

### 5.1.2. Recurso humano

El talento humano que aportó con sus conocimientos en el desarrollo del presente proyecto de titulación en sus diferentes etapas son los siguientes:

**Tabla 83**

*Talento humano*

<b>Número</b>	<b>Nombre</b>	<b>Función</b>
1	Stalin Álvarez	Investigador
2	Cristian Claudio	Investigador
3	Ing. Leonidas Quiroz	Director de proyecto de titulación Asesor de pruebas de análisis de gases

### 5.1.3. Recurso financiero

El proyecto de titulación es autofinanciado en su totalidad por parte de los investigadores cubriendo con el costo económico total de los recursos materiales utilizados para su elaboración, con un costo de 2153.23 USD

#### a. Equipos y materiales

**Tabla 84**

*Implementación del sistema de inyección*

<b>Número</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario \$</b>	<b>Precio total \$</b>
1	Recipientes	2	84.12	168.24
2	Bomba de inyección	2	134.06	268.12
3	Inyectores	2	45.35	90.70
4	Cañería	10m	0.45	4.50

CONTINÚA 



<b>5</b>	Base de inyectores	2	21	42
<b>6</b>	Base de bombas y recipientes	1	7	7
<b>TOTAL</b>				580.56

**Tabla 85***Implementación del módulo de control*

<b>Número</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario \$</b>	<b>Precio total \$</b>
<b>1</b>	Soporte de vinilo	1	25	25
<b>2</b>	LCD 20*4	1	21	21
<b>3</b>	Tarjeta Arduino	1	15	15
<b>4</b>	Relé automotriz	2	4	8
<b>5</b>	Pulsadores	5	0.40	2
<b>6</b>	Base de relé	2	3.50	7
<b>7</b>	Fusible	5	0.20	1
<b>8</b>	Cable	15	0.25	3.75
<b>9</b>	Baquelita 10*15 cm	1	2	2
<b>TOTAL</b>				84.75

**Tabla 86** *Implementación de combustibles*

<b>Número</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad galones</b>	<b>Precio unitario \$</b>	<b>Precio total \$</b>
1	Etanol	2	47	94
2	Metanol	2	74	148
3	Gasolina	4	1.48	5.92
<b>TOTAL</b>				247.92

**b. Recursos tecnológicos**

Los recursos tecnológicos utilizados para la elaboración del proyecto de titulación son los siguientes:

**Tabla 87***Recursos tecnológicos*

Software de modelado de solidos	Modelado base inyectores
Software de circuitos eléctricos	Diseño y simulación de módulo de control
Software de diseño de circuitos impreso	Diseño del circuito impreso de la placa de control
Software libre	Programación de la tarjeta Arduino
Ofimática	Tabulación y escrito

**Tabla 88***Equipos tecnológicos*

<b>Número</b>	<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario \$</b>	<b>Precio total \$</b>
1	Cámara termográfica	6 días	120	720
2	Analizador de gases AGS-688	8 días	40	320
3	Medidor de revoluciones	8 días	15	120
4	Scanner Automotriz	2 días	20	40
5	Osciloscopio Automotriz	2 días	20	40
6	Multímetro	8 días	0	0
<b>TOTAL</b>				1240

**6. CONCLUSIONES**

- Se recopiló información técnica, teórica y científica inherente a análisis termográficos, sistemas de control de emisiones de gases y equipos de medición de parámetros característicos del motor de combustión interna que fundamente el proyecto de titulación
- Para obtener datos reales y confiables de las pruebas sometidas al vehículo, se realizó la puesta a punto del vehículo siguiendo un plan de mantenimiento por cada 5000 km de recorrido.

- Las bases de los inyectores de etanol y metanol, se diseñaron mediante modelado CAD a partir de las dimensiones del cuerpo de aceleración del motor G13B, para luego construirlas e instalarlas en el sistema de admisión del motor G13B.
- La inyección de etanol/metanol al inyectarlo reduce la temperatura de combustión del motor generando una disminución de los gases Óxidos nitrosos hasta 95% de la cantidad que genera el vehículo sin el sistema de inyección de etanol/metanol.
- Al establecer la inyección de 12 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 315 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 440 ppm de volumen y al inyectar 36 ms de etanol después del cuerpo de aceleración, el gas Hidrocarburo incrementa en 295 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 372 ppm de volumen.
- Con la inyección de 28 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 1077 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 374 ppm de volumen y para después del cuerpo de aceleración, al inyectar 44 ms de etanol, el gas Hidrocarburo incrementa en 221 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 386 ppm de volumen.
- Al inyectar 36 ms de etanol antes del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 382 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuyó a cero partículas por millón de volumen, y con los mismos valores de operación para la posición después del cuerpo de aceleración, el gas Hidrocarburo incrementa en 176 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 372 ppm de volumen.
- Utilizando las diferentes combinaciones de etanol y metanol antes del cuerpo de aceleración y a 4000 r.p.m., la base de inyectores 1 disminuyó su temperatura de

50,5°C hasta 23°C, la base de inyectores 2 disminuyó su temperatura de 41,1°C hasta 15,4°C, el colector de admisión disminuyó su temperatura de 42,2°C hasta 4,3°C.

- Utilizando las diferentes combinaciones de etanol y metanol después del cuerpo de aceleración y a 4000 r.p.m., el colector de escape disminuyó su temperatura de 291,4°C hasta 179,5°C, la base del sensor de oxígeno disminuyó su temperatura de 282,2°C hasta 192,4°C.
- Con los tiempos de inyección a 20 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 167 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 459 ppm de volumen y para la posición, después del cuerpo de aceleración, al inyectar 20 y 44 ms de etanol/metanol respectivamente en 3000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 870 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 361 ppm de volumen.
- En la posición antes del cuerpo de aceleración al inyectar 12 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente en 4000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 670 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 398 ppm de volumen. De igual manera al inyectar 28 y 28 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración en 4000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 651 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 366 ppm de volumen.
- Definiendo los tiempos de inyección a 44 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 166 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 359 ppm de volumen, y al inyectar 20 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración en 5000 r.p.m., el gas

Hidrocarburo incrementa en 1335 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 409 ppm de volumen.

- Al inyectar 20 y 36 ms de etanol/metanol respectivamente antes del cuerpo de aceleración en 3000 r.p.m., el gas Hidrocarburo incrementa en 167 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 459 ppm de volumen y en las mismas condiciones del motor al inyectar 20 y 44 ms de etanol/metanol respectivamente después del cuerpo de aceleración, el gas Hidrocarburo incrementa en 870 ppm de volumen, el gas Óxido de nitrógeno disminuye en 361 ppm de volumen.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Para pruebas de consumo de combustible se optimizaría con un sistema OBD II, para determinar mediante una interface de comunicación con el vehículo la variación del consumo volumétrico del combustible.
- Desarrollar y evaluar un sistema que permita disminuir el valor de Óxidos nitrosos mediante el control de la generación de Hidrocarburos.
- Investigar la incidencia de los parámetros de gases de escape mediante la inyección de etanol/metanol para un vehículo con sistema de encendido por compresión.
- Determinar la variación de los valores de gases de escape empleando un sistema de inyección que permita recircular los aditivos carburantes mediante el control electrónico de inyectores.

- Para obtener resultados lo más exactos posibles es importante verificar el estado de los equipos de medición, las condiciones climáticas ya que influyen directamente en los resultados
- La revisión, calibración, puesta a punto y la manipulación correcta de los equipos de medición en el procedimiento de pruebas garantizan resultados experimentales fiables para validar la investigación
- Durante la implementación y procedimiento de pruebas el operador está expuesto a riesgos tóxicos y térmicos por lo que es necesario considerar la seguridad personal con el propósito de evitar accidentes.
- Impulsar este tipo de investigaciones a fin de mejorar y desarrollar un producto competitivo y de calidad que busca aminorar el impacto ambiental producido por los gases de escape en los motores de combustión interna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alliance Consulting International San Diego, California, EE. UU. (2008). *METHANOL INSTITUTE* (1.0 ed.). California, Estados Unidos.
- Alvarez, S., Evelson, P., & Boveris, A. (Noviembre de 2008). *Etanol*. Recuperado el 23 de abril de 2018, de Etanol: El combustible del futuro: [http://repositorioubi.sisbi.uba.ar/gsd/collect/encruce/index/assoc/HWA\\_280.dir/280.PDF](http://repositorioubi.sisbi.uba.ar/gsd/collect/encruce/index/assoc/HWA_280.dir/280.PDF)
- Araya, P. F. (Junio de 2012). Tecnologías probadas para el Control de Emisiones. *Newsbetter*. Obtenido de <http://www.better.cl/assets/files/publicaciones/Newsbetter-SCR-y-caso.pdf>
- Barreto, C., Morocho, J., Gordillo, D., Tapia, E., & León, P. (s.f.). Adquisición y análisis de señales del "Banco de diagnóstico de sensores automotrices". *Universidad Politécnica Salesiana*. Recuperado el 10 de mayo de 2018, de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/51352915/InformePractica2.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1529291585&Signature=F0kvR3w3TJyH1VTI5qPbKtcuu1s%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DADQUISICION\\_Y\\_ANALISIS\\_DE\\_SEN](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/51352915/InformePractica2.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1529291585&Signature=F0kvR3w3TJyH1VTI5qPbKtcuu1s%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DADQUISICION_Y_ANALISIS_DE_SEN)
- Bautista, C. C. (Abril de 2011). Using Methanol as Biocombustible. *Realidad y Reflexión*, 11-15. Obtenido de <http://ri.ufg.edu.sv/jspui/bitstream/11592/8331/1/La%20utilizaci%C3%B3n%20del%20Metano%20como%20biocombustible.pdf>
- BOSCH. (2003). *Técnica de Gases de Escape para Motores de Gasolina* (Segunda ed.). Alemania.
- BOSCH. (2015). *Boschautopartes*. Obtenido de Boschautopartes: [http://www.boschautopartes.mx/Cat%C3%A1logos/Documents/Cat%C3%A1logoElectr%C3%B3nico\\_Confort2014-2015.pdf](http://www.boschautopartes.mx/Cat%C3%A1logos/Documents/Cat%C3%A1logoElectr%C3%B3nico_Confort2014-2015.pdf)
- Bosch, R. (2002). *Los sensores del Automóvil* (Primera ed.). Alemania.
- Cameras Termográficas Fluke. (2018). *Ceded*. Obtenido de <http://www.cedesa.com.mx/fluke/cameras-termograficas/cameras-termograficas/TiS60/>
- Changming Gong, J. L. (2016). Numerical study of effect of injection and ignition timings on combustion and unregulated emissions of DISI methanol engine during cold start. *Renewable Energy*, 112, 405–413.
- Cise Electronics. (2013). *Sensor del árbol de levas*. Buenos Aires, Argentina.



- CONAE. (17 de Diciembre de 2005). *Comisión Nacional para el Ahorro de Energía*. Obtenido de Comisión Nacional para el Ahorro de Energía: <https://www.acee.cl/tag/comision-nacional-para-el-ahorro-de-energia-conae/>
- D.K. Jamuwa, D. S. (2017). Experimental investigation of performance, exhaust emission and combustion parameters of compression ignition engine with varying ethanol energy fractions. *Energy*.
- Difus. (2018). *Difus.com*. Recuperado el 14 de mayo de 2018, de [http://www.difus.com/catalogos/catalogo\\_fusibles.pdf](http://www.difus.com/catalogos/catalogo_fusibles.pdf)
- Echbook. (s.f.). *Sensores Automotrices*.
- F.Murenaa, Mocerinob, L., FQuarantab, & D.Toscano. (2018). *Atmospheric Environmet. Italy*.
- Federación, D. O. (2016). *Norma Oficial Mexicana de Emergencia*. México.
- Fluke. (2018). Recuperado el 10 de enero de 2018, de <http://www.fluke.com/fluke/uses/camara-de-infrarrojos/fluke-ti25.htm?pid=56723>
- G.Castellar, E.R.Angulo, & B.M.Cardozo. (10 de junio de 2014). Transesterificación de aceites vegetales empleando catalizadores heterogéneos. *Prospect*, 12, 0-104. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v12n2/v12n2a10.pdf>
- Gallardo, J. M. (2013). *Electrotecnia* (Primera ed.). Cano Pina.
- Globaltech. (2016). *Globaltech*. Recuperado el 8 de Agosto de 2017, de <http://www.globaltechla.com/revisión-técnico-mecanica/33-ags-688.html>
- González, G. (2016). *Electrónica Digital* (Primera ed.). (M. Ramon, Ed.) Lima, Perú: Macro EIRL.
- Hüseyin, A., & Cumali, L. (2010). Effect of ethanol. En C. L. Hüseyin Aydin, *Effect of ethanol blending with biodiesel on engine performance and exhaust emissions in a CI engine* (págs. 60-160). Applied Thermal Engineering.
- Industriales en Balanceo S.A. (Noviembre de 2007). *Industria de Etanol*. Recuperado el 10 de marzo de 2018, de <http://www.evisaventiladores.com/evisaweb/ventiladores/etanol.htm>
- INEC. (2016). *Ecuadorencifras*. Obtenido de Ecuadorencifras: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2016/2016\\_AnuarioTransportes\\_%20Principales%20Resultados.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2016/2016_AnuarioTransportes_%20Principales%20Resultados.pdf)
- INEN. (2009). *Etanol anhidrido. requisitos* (Primera ed.). Quito, Ecuador.

- Institute, M. (2011). Recuperado el 27 de Febrero de 2018, de <http://www.methanol.org/>
- Jecrespom. (11 de 12 de 2016). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de Aprendiendo Arduino: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/que-es-arduino-2/>
- Jiajun Liua, C. G. (2017). Numerical study of formaldehyde and unburned methanol emissions of direct injection spark ignition methanol engine under cold start and steady state operating conditions. *Fuel*, 202, 405-413.
- José María Redondo Gallardo, M. D. (2013). *Electrotecnia* (Primera ed.). Canopina.
- Kreith, F., Manglik, R., & Bohn, M. (2012). *Principios de transferencia de calor* (Séptima ed.). (S. Cervantes, O. Ramírez, Edits., & J. León, Trad.) México: Cengage Learning.
- Manual CEAC del automóvil*. (2003). Barcelona, España: Ceac.
- Methanol Fuels. (s.f.). *Methanol Fuels*. Recuperado el 18 de 01 de 2018, de <https://translate.google.com/translate?depth=1&hl=es&prev=search&rurl=translate.google.com.ec&sl=en&sp=nmt4&u=http://methanolfuels.org/&xid=17259,15700002,15700021,15700105,15700124,15700149,15700168,15700173,15700201>
- Methanol], [. (s.f.). *Institute Methanol*. Recuperado el 25 de 11 de 2018, de Institute Methanol: [https://translate.googleusercontent.com/translate\\_c?depth=1&hl=es&prev=search&rurl=translate.google.com.ec&sl=en&sp=nmt4&u=http://www.methanol.org/automotive-fuel/&xid=17259,15700002,15700022,15700105,15700124,15700149,15700168,15700173,15700201&usg=ALkJr](https://translate.googleusercontent.com/translate_c?depth=1&hl=es&prev=search&rurl=translate.google.com.ec&sl=en&sp=nmt4&u=http://www.methanol.org/automotive-fuel/&xid=17259,15700002,15700022,15700105,15700124,15700149,15700168,15700173,15700201&usg=ALkJr)
- Mott, R. L. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada* (Cuarta ed.). (S. Helba, Ed., & C. R. Pedraza, Trad.) México.
- Navarro, J. A. (2007). *Electrotecnia*. Ceysa. Recuperado el 24 de junio de 2018
- NORMA NACIONAL INEN 2204. (2002). *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos. Automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina* (Primera ed.). Quito.
- Norma NTE INEN 2 162:99. (1999). *Solventes alcohol metílico para uso industrial* (Primera ed.). Quito.
- Ortega, S. F., & Cevallos, E. M. (Abril de 2006). *Repositorio ESPE*. Obtenido de Repositorio ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4176/1/T-ESPEL-0251.pdf>
- Parera, A. M. (2000). *Electrónica básica en automoción*. Barcelona, España: Alfaomega.

- Perez, M. A. (2011). *Sistemas auxiliares del motor* (Primera ed.). Madrid: Paraninfo.
- Prieto, I. (2017). [http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/1015/mod\\_resource/content/1/1C\\_C12757\\_0910/04\\_GT17\\_Reducccion\\_de\\_NOX\\_en\\_humos.pdf](http://ocw.uniovi.es/pluginfile.php/1015/mod_resource/content/1/1C_C12757_0910/04_GT17_Reducccion_de_NOX_en_humos.pdf). UNIOVI, 23.
- Puente, L. (13 de Febrero de 2013). *Aluminio uso en el automóvil*. Obtenido de Larapunte BLogspot: <http://puentelara.blogspot.com/2013/02/aluminio-uso-en-el-automovil.html>
- Qiao, B., He, W., Tian, Y., Liu, Y., OuchenCai, & YueLi. (2017). *Ship emission reduction effect evaluation of air pollution control countermeasures* (Vol. 25).
- Quintana, A. S. (2015). *Diseño y construcción de un sistema de control de inyección de metanol en el vehículo Hyundai Santa Fe 2.7 litros para el análisis de rendimiento*, 17-24. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.
- Rakesh Kumar Maurya, A. K. (2014). Experimental investigations of performance, combustion and emission characteristics of ethanol and methanol fueled HCCI engine. *Fuel Processing Technology*, 126.
- Ríos, P., & Araya, J. (Junio de 2012). Tecnologías probadas para el Control de Emisiones. *Newsbetter*. Recuperado el 12 de enero de 2018, de <http://www.better.cl/assets/files/publicaciones/Newsbetter-SCR-y-caso.pdf>
- SAE. (2007). *Ficha técnica mangueras hidráulicas*.
- Santander, J. R. (2003). *Técnico en Mecánica y Electrónica Automotriz* (Vol. 2). (R. P. Guevara, Ed.) Colombia: Diseli.
- Santander, J. R. (2005). *Manual Técnico de Fuel Injection* (Primera ed., Vol. 1). (R. P. Guevara, Ed.) Guayaquil, Ecuador: Diseli.
- Steve Kar, A. G. (2012). *Tecnología de las Máquinas Herramientas* (Sexta ed.). Mexico,DF, Mexico: Alfaomega.
- SURA, C. –A. (6 de Diciembre de 2011). *Centro de Información de Sustancias Químicas*,. Recuperado el 13 de Agosto de 2017, de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0ahUKEwjFmMn-5trVAhWENSYKHye1AOsQFghUMAg&url=https%3A%2F%2Fssio.icontec.org.co%2FIGDtemp%2Fc72a2e6d-3a32-4a09-90f3-ec2a0b11f1a1.doc&usg=AFQjCNHX9HFp3-sUoe85wwNN9NYmEL1lvg>
- Tomás Gomez, J. G. (2014). *Mecanizado y Soldadura* (Primera ed.). (C. L. Carmona, Ed.) Madrid, España: Paraninfo.

Venugopal Thangavel, S. Y. (2016). Experimental studies on simultaneous injection of ethanolegasoline and n-butanolegasoline in the intake port of a four stroke SI engine. *Renewable Energy*, 91, 347-360.

Zhen, X. (2018). Methanol as an internal combustion on engine fuel. *ScienceDirect*, 313.

# ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: ALVAREZ STALIN Y CLAUDIO CRISTIAN

En la ciudad de Latacunga, a los siete días del mes de agosto del 2018.

**Aprobado por:**

Ing. Leonidas Quiroz

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Ing. Danilo Zambrano

**DIRECTOR DE CARRERA**

Dr. Darwin Albán

**SECRETARIO ACADÉMICO**