



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 DE LA INCIDENCIA DEL CONSUMO DE
COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES
DE LOS AUTOMOTORES A GASOLINA DE LA ESCUELA DE
CONDUCCIÓN PROFESIONAL ESPE LATACUNGA MEDIANTE
LA PROPUESTA DE UN PROTOCOLO DE CONDUCCIÓN
EFICIENTE**

AUTOR: ANGEL MARCELO LÓPEZ MENA

DIRECTOR: ING. NÉSTOR ROMERO

LATACUNGA

2016



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES DE LOS AUTOMOTORES A GASOLINA DE LA ESCUELA DE CONDUCCIÓN PROFESIONAL ESPE LATACUNGA MEDIANTE LA PROPUESTA DE UN PROTOCOLO DE CONDUCCIÓN EFICIENTE**”, realizado por el señor **ANGEL MARCELO LÓPEZ MENA**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **ANGEL MARCELO LÓPEZ MENA** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 09 de Diciembre del 2016



ING. NÉSTOR ROMERO
DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **ANGEL MARCELO LÓPEZ MENA**, con cédula de identidad N° 1723243430 declaro que este trabajo de titulación “**ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES DE LOS AUTOMOTORES A GASOLINA DE LA ESCUELA DE CONDUCCIÓN PROFESIONAL ESPE LATACUNGA MEDIANTE LA PROPUESTA DE UN PROTOCOLO DE CONDUCCIÓN EFICIENTE**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 09 de Diciembre 2016

ANGEL MARCELO LÓPEZ MENA
C.C: 1723243430



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Yo, **ANGEL MARCELO LÓPEZ MENA**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES DE LOS AUTOMOTORES A GASOLINA DE LA ESCUELA DE CONDUCCIÓN PROFESIONAL ESPE LATACUNGA MEDIANTE LA PROPUESTA DE UN PROTOCOLO DE CONDUCCIÓN EFICIENTE**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 09 de Diciembre 2016

ANGEL MARCELO LÓPEZ MENA
C.C: 1723243430

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia que durante toda mi vida ha sido el soporte y motivo por cada segundo de existencia. A mi padre Miguel por su arduo trabajo y temple que ha forjado mi personalidad, a mi madre Gladys por su devoción y sacrificio abnegado para mi bienestar, a mi hermana Miryam por sentar el ejemplo de la bondad con su gran corazón, a mi hermano Diego por ser el incansable optimista y motivador personal para ser una persona de éxito y ser alguien en la vida, y a mi cuñada Raquel por su buena voluntad y generosidad para ayudarme a resolver los problemas que nunca faltaban, a mis peques Israel y Mikaela por ser la luz y alegría de la familia con su alma buena de niños.

Mi querida familia ya lo he logrado.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios padre creador todo poderoso, Virgen de agua Santa, Jesús hijo de dios, San Benito benefactor, Narcisa de Jesús, mundo y universo por permitirme estar este día gozando de la maravillosa existencia y privilegio de estar vivo. Gracias porque todo nos va bien.

A mi familia que con su esfuerzo y sacrificio me han permitido desarrollarme como persona de bien, me dieron la oportunidad de saber cómo es la universidad y vivir tantas experiencias que me han definido de por vida y han sentado un profundo sentimiento de gratitud por todas las bendiciones que recibo día a día. Gracias por ser el motivo que me da aliento para seguir aquí y por brindarme la oportunidad de tener paz en mi mente y mi corazón con las cosas que he visto y he aprendido, estoy feliz y tranquilo al fin.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
PRESENTACIÓN	xx

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Descripción resumida de la investigación.....	3
1.4. Justificación e Importancia.....	4
1.5. Objetivos del proyecto.....	5
1.5.1. Objetivo general.....	5
1.5.2. Objetivos específicos.....	5
1.6. Metas.....	6
1.7. Hipótesis.....	7
1.8. Variables de la investigación.....	7
1.9. Metodología de desarrollo del proyecto.....	7

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	10
2.1. Conducción Eficiente.....	10
2.1.1. Beneficios.....	10
2.1.2. Seguridad.....	11
2.1.3. Economía.....	11

2.1.4. Medio Ambiente.....	11
2.1.5. Social.....	12
2.1.6. Técnicas de conducción eficiente para ahorro de combustible.....	12
a. Acelerar gentilmente.....	13
b. Mantener una velocidad constante.....	13
c. Anticipar el tráfico.....	14
d. Evitar altas velocidades.....	15
e. Deslizamiento libre para desacelerar.....	16
2.1.7. Influencias positivas en el consumo de combustible.....	16
2.1.8. Influencias negativas en el consumo de combustible.....	17
2.2. Consumo de combustible.....	18
2.2.1. En Carretera.....	18
2.2.2. Urbano.....	18
2.2.3. Mixto.....	19
2.3. Emisiones de gases contaminantes.....	19
2.3.1. Productos de la combustión.....	19
2.3.2. Combustión Completa.....	20
2.3.3. Combustión Incompleta.....	20
2.3.4. Productos derivados de la combustión.....	20
2.3.5. Monóxido de carbono (CO).....	20
2.3.6. Dióxido de carbono (CO ₂).....	21
2.3.7. Hidrocarburos (HC).....	21
2.3.8. Oxígeno (O ₂).....	21
2.4. Relación aire combustible.....	22
2.5. Relación entre emisiones de gases contaminantes y lambda.....	23
2.6. Carga calculada del motor (Engine load).....	24
2.7. Gestión de relación aire combustible por sensor de oxígeno.....	25
2.7.1. Ciclo cerrado (Closed Loop).....	27
2.7.2. Ciclo abierto (Open Loop).....	27
2.8. Influencia de factores en la emisión de contaminantes.....	28
2.8.1. Relación aire combustible.....	28
2.8.2. Formación de mezcla.....	29
2.8.3. Número de revoluciones.....	29
2.8.4. Reflujo de admisión.....	30
2.8.5. Reflujo de escape.....	30

2.8.6.	Cortocircuito o Barrido de gases en traslape de válvulas.....	31
2.8.7.	Extinción de llama.....	32
2.8.8.	Fuentes de hidrocarburos no combustionados	33
2.9.	Conductores.....	34
2.9.1.	Tipos de conductores.....	34
2.9.2.	Nivel estudiante.....	35
2.9.3.	Nivel profesional	36

CAPÍTULO III

3.	PROTOCOLO DE PRUEBAS	38
3.1.	Generalidades	38
3.2.	Ciclo De Conducción	38
3.3.	Ruta	39
3.3.1.	Tramo Urbano	39
3.3.2.	Tramo Perimetral.....	40
3.3.3.	Tramo De Carretera.....	40
3.3.4.	Distancia recorrida por tipo de tramo.....	40
3.3.5.	Detalle de ruta e instrucciones	40
3.4.	Tiempo	42
3.5.	Vehículos A Gasolina De La Escuela De Conducción	43
3.5.1.	Chevrolet Aveo Family	43
a.	Especificaciones	43
3.5.2.	Chevrolet Sail.....	44
a.	Especificaciones	44
3.6.	Parámetros de aprobación para el uso del vehículo en la investigación .	45
3.7.	Revisión técnica mecánica	46
3.8.	Revisión con escáner OBD II.....	47
3.8.1.	Procedimiento.....	47
3.9.	Medición de emisiones contaminantes en prueba estática.....	50
3.9.1.	Procedimiento.....	50
3.10.	Equipo de medición.....	57
3.11.	Escáner Interfaz Elmscan 5 Obd II	57
3.11.1.	Generalidades	57
3.11.2.	Especificaciones	58
3.11.3.	Requisitos De Instalación.....	58

3.11.4. Guía De Instalación	58
3.11.5. Interfaz De Control Y Visualización.....	59
3.11.6 Descripción de Pantalla de medición principal	61
3.12. Analizador De Gases Qrotech Qga-6000	63
3.12.1. Generalidades	63
3.12.2. Especificaciones	64
3.12.3. Certificación De Equipo.....	65
3.12.4. Vista General y Partes	65
3.12.5. Guía De Instalación del Analizador de Gases en el Vehículo.....	67
3.12.6. Interfaz de control y visualización	70
3.12.7. Ubicación En El Vehículo.....	73
3.12.8. Conexión De Mangueras Y Sonda.....	73
3.13. Conexión De Energía Principal.....	75
3.13.1. Inversor 12 V A 120 V	75
3.13.2. Generalidades y Especificaciones	75
3.14. Captura de datos	76
3.14.1. Cámaras	76
3.14.2. Objetivo del uso de cámaras.....	77
3.14.3. Captura de datos de consumo de combustible	77

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS EN CICLO DE CONDUCCIÓN	78
4.1. Condiciones Iniciales Para La Realización De Pruebas.....	78
4.1.1. Temperatura Ambiente.....	78
4.1.2. Hora Del Día	78
4.1.3. Temperatura De Funcionamiento Del Motor	78
4.1.4. Combustible	78
4.1.5. Revisión De Vehículo	79
4.1.6. Medición de presión de aire de neumáticos	79
4.1.7. Revisión De Equipos De Medición.....	80
4.1.8. Sincronización De Cámaras Para Captura De Datos	80
4.1.9. Vehículo De Seguimiento	80
4.1.10. Límites De Velocidad.....	80
4.2. Secuencia De Instalación De Equipos En El Vehículo.....	81
4.3. Recomendaciones.....	83

4.4.	Procedimiento.....	83
4.4.1.	Secuencia De Muestreo	83
4.4.2.	Secuencia De Parada	84
4.5.	Prueba por cambio de marcha y régimen motor	85
4.5.1.	Instrucciones.....	85
4.5.2.	A 2000 RPM.....	86
4.5.3.	A 4000 RPM.....	86
4.6.	Prueba por nivel de experiencia de conductor	86
4.6.1.	Instrucciones.....	86
4.6.2.	Conductor nivel estudiante.....	86
4.6.3.	Conductor nivel profesional	87
4.7.	Consolidación de mediciones en video	87
4.7.1.	Descripción de elementos en video final por prueba	88
4.8.	Cálculo de lambda mediante concentración de emisiones de escape.....	89
4.8.1.	Ecuación de Brettschneider	89
4.8.2.	Ejemplo de cálculo	90

CAPÍTULO V

5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	92
5.1.	Revisión técnica mecánica	92
5.1.1.	Informe técnico Chevrolet Sail y Chevrolet Aveo	92
5.1.2.	Detalle puntos de revisión Chevrolet Sail	94
5.1.3.	Detalle puntos de revisión Chevrolet Aveo.....	100
5.2.	Revisión con escáner Obd II	107
5.2.1.	Chevrolet Sail.....	107
5.2.2.	Chevrolet Aveo	107
5.3.	Medición de emisiones contaminantes en prueba estática	108
5.3.1.	Chevrolet Sail.....	108
5.3.2.	Chevrolet Aveo	109
5.4.	Resultados obtenidos de la realización de las pruebas	110
5.5.	Consumo de combustible	110
4.6.	Chevrolet Sail.....	110
5.6.1.	Consumo de combustible en litros	110
5.6.2.	Consumo de combustible en porcentaje.....	111
5.7.	Chevrolet Aveo	112

5.7.1	Consumo de combustible en litros	113
5.7.2	Consumo de combustible en porcentaje.....	114
5.8	Comparativo entre vehículos.....	115
5.9	Emisión de gases contaminantes	117
5.9.1	Chevrolet Sail.....	117
5.9.2	Análisis por tipo de gas	118
a.	Concentración de Monóxido de Carbono CO	118
b.	Concentración de hidrocarburos no combustionados.....	119
c.	Concentración de Dióxido de carbono CO ₂	120
d.	Concentración de Oxígeno residual O ₂ y Lambda	121
5.9.3	Chevrolet Aveo	123
5.9.4.	Análisis por tipo de gas	124
a.	Concentración de Monóxido de Carbono CO	124
b.	Concentración de Hidrocarburos no combustionados HC	125
c.	Concentración de Dióxido de Carbono CO ₂	126
d.	Concentración de Oxígeno residual O ₂ y Lambda	127
5.9.5	Comparativo entre vehículos.....	128

CAPÍTULO VI

6	ELABORACIÓN PROTOCOLO DE CODUCCIÓN EFICIENTE	130
6.1	Segmentación de ruta	130
6.2	Relación de variables por tiempo recorrido	134
6.3	Relación de variables por distancia recorrida	138
6.3.1	Consumo de combustible por hora vs Distancia Recorrida	144
6.3.2	Velocidad vs Distancia Recorrida.....	144
6.3.3	Régimen de motor vs Carga en prueba a 2000 RPM	145
6.3.4	Régimen de motor vs Carga en prueba nivel estudiante	145
6.3.5	Régimen motor vs consumo de combustible/hora a 2000 RPM.....	146
6.3.6	Régimen motor vs consumo de combustible/hora nivel estudiante	146
6.4	Síntesis	147
6.5	Acciones a ejecutar en el protocolo de conducción eficiente.....	148
6.6	Protocolo de conducción eficiente	152
6.7	Resultados obtenidos.....	152
6.8	Chevrolet Sail.....	152
6.8.1	Consumo de combustible	152

6.8.2	Emisiones de gases contaminantes.....	153
6.9	Chevrolet Aveo	154
6.9.1	Consumo de combustible	154
6.9.2	Emisiones de gases contaminantes.....	155

CAPÍTULO VII

7	MARCO ADMINISTRATIVO	157
7.1	Recursos	157
7.2	Recursos Humanos	157
7.3	Recursos Tecnológicos.....	158
7.3.1	Costo de recurso tecnológico	159
7.4	Recursos Materiales	159
7.4.1	Costo recurso material.....	160
7.5	Presupuesto.....	160
7.6	Financiamiento	160
7.7	Cronograma.....	161

CAPÍTULO VIII

8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	162
8.1.	Conclusiones	162
8.2.	Recomendaciones.....	165

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	166
---	-----

ANEXOS	168
---------------------	-----

ANEXO A ANÁLISIS ECONÓMICO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fases de proyecto de acuerdo a métodos de investigación	8
Tabla 2 Distancia recorrida por tramo	40
Tabla 3 Detalle de ruta e instrucciones	41
Tabla 4 Distribución de tiempo en hora de clase práctica	42
Tabla 5 Ficha Técnica Vehículo Chevrolet Aveo Family.....	43
Tabla 6 Ficha Técnica vehículo Chevrolet Sail	44
Tabla 7 Puntos de revisión técnica.....	46
Tabla 8 Límites máximos de emisiones permitidos (prueba estática)	50
Tabla 9 Contenido de gases mínimo al encender la bomba de succión.....	52
Tabla 10 Especificaciones Escáner ELMSCAN 5 OBD II.....	58
Tabla 11 Descripción de funciones de pantalla de medición principal.....	61
Tabla 12 Características del analizador de gases QROTECH QGA 6000.....	64
Tabla 13 Especificaciones Técnicas de analizador de gases QROTECH.....	64
Tabla 14 Especificaciones Técnicas de los analizadores de gases clase I	65
Tabla 15 Descripción de panel de control frontal	66
Tabla 16 Descripción de panel trasero de analizador.....	67
Tabla 17 Especificaciones de inversor de corriente	75
Tabla 18 Uso de cámaras para captura de datos en tiempo real.....	76
Tabla 19 Lista de equipos y accesorios necesarios para la realización de pruebas....	81
Tabla 20 Descripción de elementos en video final por prueba	88
Tabla 21 Proporción de Carbono e Hidrógeno por tipo de combustible.....	90
Tabla 22 Detalle puntos de revisión Chevrolet Sail.....	94
Tabla 23 Detalle puntos de revisión Chevrolet Aveo	100
Tabla 24 Consumo de combustible total Chevrolet Sail.....	110
Tabla 25 Consumo de combustible total Chevrolet Aveo	112
Tabla 26 Concentración de CO	118
Tabla 27 Concentración de HC.....	119
Tabla 28 Concentración de CO ₂	120
Tabla 29 Concentración de O ₂ y Lambda.....	121
Tabla 30 Concentración de CO	124
Tabla 31 Concentración de HC.....	125
Tabla 32 Concentración de CO ₂	126
Tabla 33 Concentración de O ₂ y Lambda.....	127
Tabla 34 Segmentación de ruta recorrida.....	131
Tabla 35 Tiempo total por prueba y ciclo abierto	134
Tabla 36 Relación de variables por tiempo recorrido	135
Tabla 37 Acciones a ejecutar en el protocolo de conducción eficiente	148
Tabla 38 Instructivo Protocolo de Conducción Eficiente	149
Tabla 39 Recursos Humanos.....	157
Tabla 40 Recurso tecnológico – equipos	158
Tabla 41 Recurso tecnológico – software	158
Tabla 42 Costo de recurso tecnológico	159
Tabla 43 Recursos Materiales	159
Tabla 44 Costo recurso material	160
Tabla 45 Presupuesto	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Consumo de combustible basado en aceleración de un Pontiac G5.....	13
Figura 2 Consumo de combustible basado en una velocidad constante	13
Figura 3 Sistema de anticipación de tráfico de Audi	14
Figura 4 Consumo de combustible basado en la zona de velocidad óptima.....	15
Figura 5 Consumo de combustible basado en velocidad	15
Figura 6 Consumo de combustible basado en el deslizamiento libre	16
Figura 7 Factores que influyen en el consumo de combustible	17
Figura 8 Composición de gases de escape de motores a gasolina	19
Figura 9 Relación entre emisiones de gases contaminantes y lambda.....	23
Figura 10 Esquema de ciclo abierto	26
Figura 11 Esquema de ciclo cerrado	26
Figura 12 Esquema de reflujo de admisión.....	30
Figura 13 Esquema de reflujo de escape.....	31
Figura 14 Esquema de cortocircuito de mezcla	32
Figura 15 Zonas de extinción de llama	32
Figura 16 Fuentes de hidrocarburos no combustionados.....	33
Figura 17 Mapa de ruta	42
Figura 18 Escáner Automotriz G-Scan II (izq), Conector DLC OBD II (der)	47
Figura 19 Conector OBD II Chevrolet Aveo (izq), Chevrolet Sail (der).....	48
Figura 20 Pantalla principal G-Scan 2	48
Figura 21 Menú de selección de función G-Scan 2	49
Figura 22 Diagrama de flujo Revisión con Escáner G Scan 2.....	49
Figura 23 Análisis de gases en prueba estática Chevrolet Sail, Chevrolet Aveo.....	50
Figura 24 Conexión de módulo de RPM Chevrolet Aveo	51
Figura 25 Pantalla de inicio Analizador de gases Cartek.....	51
Figura 26 Prueba de Gases con mediciones actuales	52
Figura 27 Formulario de información de vehículo	53
Figura 28 Puntos de verificación antes de iniciar la prueba.....	54
Figura 29 Lectura de hidrocarburos no combustionados residuales	54
Figura 30 Prueba de ralentí en progreso	55
Figura 31 Diagrama de flujo prueba de gases estática.....	56
Figura 32 Escáner Interfaz Elmscan 5 OBD II	57
Figura 33 Pantalla de inicio programa OBDWiz	59
Figura 34 Registro de valores de PID's actuales	59
Figura 35 Pantalla de configuración de combustible	60
Figura 36 Pantalla de medición principal.....	60
Figura 37 Descripción de funciones de pantalla de medición principal	61
Figura 38 Diagrama de flujo Interfaz ElmScan 5 OBD II	62
Figura 39 Analizador de Gases QROTECH QGA 6000.....	63
Figura 40 Analizador de gases vista frontal	65
Figura 41 Analizador de gases vista trasera.....	66
Figura 42 Conexión de cable de energía principal al analizador	68
Figura 43 Pantalla de inicio de analizador	68
Figura 44 Pantalla de inicio con fecha actual en analizador	68
Figura 45 Autodiagnóstico de analizador	69

Figura 46 Tiempo de calentamiento.....	69
Figura 47 Función de Autocero	70
Figura 48 Analizador listo para iniciar medición.....	70
Figura 49 Sonda de medición en tubo de escape	71
Figura 50 Tecla ENTER.....	71
Figura 51 Análisis de gases en progreso	71
Figura 52 Tecla ESC o STOP	72
Figura 53 Función de purga	72
Figura 54 Ubicación de equipos de medición	73
Figura 55 Ubicación de taladros de fábrica en baúl.....	74
Figura 56 Conexión de mangueras en analizador de gases.....	74
Figura 57 Inversor de corriente marca Truper 400 W.....	75
Figura 58 Medición de presión de aire, llenado de aire, Medida de 32 PSI.	79
Figura 59 Conexión de inversor de corriente con cable de analizador	81
Figura 60 Ubicación de cámara CAM 2 con soporte en parabrisas.....	82
Figura 61 Ubicación de cámara C3 para analizador de gases	82
Figura 62 Video final Prueba Nivel Profesional Chevrolet Sail	87
Figura 63 Descripción de elementos en video final por prueba.....	88
Figura 64 Captura de pantalla de video - Prueba Nivel Profesional- Chevrolet Sail.	90
Figura 65 Pantalla de G-Scan en modo de código de problema diagnóstico.....	107
Figura 66 Pantalla de G-Scan en modo de código de problema diagnóstico.....	107
Figura 67 Informe emisiones contaminantes en prueba estática Chevrolet Sail.....	108
Figura 68 Informe emisiones contaminantes en prueba estática Chevrolet Aveo ...	109
Figura 69 Consumo de combustible total en litros Chevrolet Sail.....	110
Figura 70 Consumo de combustible total en porcentaje Chevrolet Sail	111
Figura 71 Consumo de combustible total en litros Chevrolet Aveo	113
Figura 72 Consumo de combustible total en porcentaje Chevrolet Aveo.....	114
Figura 73 Consumo de combustible comparativo entre vehículos	115
Figura 74 Concentración promedio total de emisiones Chevrolet Sail.....	117
Figura 75 Concentración promedio total de emisiones Chevrolet Aveo	123
Figura 76 Comparación valores máximos y mínimos de emisiones de vehículos...	128
Figura 77 Relación tiempo vs consumo en litros	134
Figura 78 Tiempo total en ciclo abierto por prueba.....	135
Figura 79 Consumo de combustible por hora vs distancia recorrida.....	138
Figura 80 Velocidad vs distancia recorrida.....	139
Figura 81 Prueba a 2000 RPM Régimen motor vs carga.....	140
Figura 82 Prueba nivel estudiante Régimen motor vs carga.....	141
Figura 83 Prueba a 2000 RPM Régimen motor vs consumo/hora.....	142
Figura 84 Prueba nivel estudiante Régimen motor vs consumo/hora.....	143
Figura 85 Síntesis de elementos para el protocolo de conducción eficiente.....	147
Figura 86 Comparación general de consumo de combustible Chevrolet Sail	152
Figura 87 Comparación de emisiones general Chevrolet Sail	153
Figura 88 Comparación general de consumo de combustible Chevrolet Aveo.....	154
Figura 89 Comparación de emisiones general Chevrolet Aveo.....	155
Figura 90 Costo de combustible por prueba	169
Figura 91 Costo en dólares a largo plazo	169
Figura 92 Costo de llenado por tanque Chevrolet Sail	170

Figura 93 Costo de llenado por tanque Chevrolet Aveo	171
--	-----

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Reacción química completa de gasolina y aire	20
Ecuación 2 Reacción química incompleta de gasolina y aire	20
Ecuación 3 Lambda o relación aire combustible	22
Ecuación 4 Carga calculada de motor	25
Ecuación 5 Ecuación de Brettschneider	89

RESUMEN

El presente proyecto está enfocado en el análisis del consumo de combustible volumétrico y la emisión de gases contaminantes de los vehículos a gasolina Chevrolet Aveo Family 1.5 4P STD TM Año 2013 y Chevrolet Sail 1.4 4P TM Año 2015 pertenecientes a la flota vehicular de la Escuela de conducción ESPE Latacunga en un ciclo de conducción usado por los aspirantes a conductores profesionales tipo C en horas de clase práctica, respetando las normas y lineamientos de la Ley de Tránsito del Ecuador. Se establecen dos fases principales para el análisis, la primera es bajo condiciones de régimen de motor (cambio de marcha a 2000 y 4000 rpm) y la segunda por nivel de experiencia del conductor (conductor nivel estudiante y conductor nivel profesional). Se realiza una revisión técnica mecánica de los vehículos, seguida de un mantenimiento preventivo y un análisis de emisiones de gases contaminantes en prueba estática con el Analizador de gases Cartek, en el Laboratorio de Mecánica de Patio de la institución, bajo referencia de la norma NTE INEN 2204:2002, todo esto previo a las pruebas establecidas del ciclo de conducción, de esta forma reduciendo el nivel de incertidumbre y tergiversación de resultados por el estado mecánico de los vehículos. La medición de consumo de combustible se realiza mediante la implementación del escáner interfaz ElmScan 5 conectado al DLC (Data Link Connector) OBD II del vehículo, mientras que para la medición de emisiones de gases contaminantes se hace uso del analizador marca QROTECH QGA-6000 que mide concentraciones de CO, CO₂, HC, O₂ y cálculo de valor de lambda; una vez obtenidos los resultados de dichas mediciones se contará con información valiosa y concluyente respecto a la influencia directa de la forma de operación del vehículo por parte del conductor sobre el consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes al ambiente, de esta forma se puede establecer un protocolo a usarse por parte de la Escuela de Conducción para fomentar una conducción eficiente para sus estudiantes.

PALABRAS CLAVE:

- **CONSUMO DE COMBUSTIBLE**
- **EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES**
- **CONDUCCIÓN EFICIENTE**
- **CICLO DE CONDUCCIÓN REAL**

ABSTRACT

This research project approaches on fuel consumption and exhaust emissions analysis using a customized driving cycle to simulate and recreate real-live conditions where students practice their driving skills in order to be credited as professional drivers. Test are conducted employing vehicles part of ESPE Latacunga Driving School such as Chevrolet Aveo Family 1.5 4P STD MT 2013 and Chevrolet Sail 1.4 4P MT 2015 and fulfilling regulations on Ecuador's Vehicle and Driving code. Two conditions are set as part of the analysis, first considering shift gear at different engine speed (2000 RPM and 4000 RPM), and driver's experience level (student and professional driver) In order to reduce any range of uncertainty and misconstruction on data collection related to vehicle's maintenance, both cars must comply a thorough mechanical inspection and a static exhaust emission test according to NTE INEN 2204:2002 Ecuadorian environmental policy, this procedure takes place before the vehicle is considered to be used in further tests. Fuel consumption is measured with an OBD II ElmScan 5 interface plugged in the on board Data Link Connector (DLC) and exhaust emissions are captured by a portable QROTECH QGA-6000 4-gas analyzer which is capable of real-time concentrations display of CO, CO₂, HC, O₂ and lambda calculation. Data collected will be interpreted and cross-referenced to determine how driver's methods influence on fuel consumption and exhaust emissions. Therefore valuable technical info will be gathered to issue an efficient driving protocol which will be added to the student's training in order to encourage a new culture of responsible driving, reducing fuel consumption and exhaust emissions emitted on the environment.

KEYWORDS:

- **FUEL CONSUMPTION**
- **EXHAUST EMISSIONS**
- **EFFICIENT DRIVING**
- **REAL DRIVING CYCLE**

PRESENTACIÓN

Hoy en día, el esfuerzo de la comunidad científica y academia en general está enfocado en encontrar nuevos métodos de reducir el impacto del uso del automóvil en el ecosistema y en la economía del conductor. Este análisis contempla los factores influyentes en esta problemática junto con una recolección de datos experimental de consumo de combustible volumétrico en litros y emisiones de gases contaminantes en cantidades promedio durante un ciclo de conducción real utilizado por los estudiantes de la Escuela de Conducción Profesional ESPE Latacunga. Esta información es ordenada y racionalizada para emitir un protocolo de conducción eficiente a ser aplicado en la formación de calidad por parte de la institución y de esta forma dar un paso más hacia una cultura de conducción responsable, consecuente con el medio ambiente y brindando un potencial beneficio a la economía de los conductores del país.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La Escuela de Conducción Espe Latacunga es una institución enfocada en la formación de profesionales íntegros, conscientes y psicológicamente preparados para ser conductores habilitados en las carreteras del país. Además busca desarrollar conocimientos técnicos, habilidades, destrezas, actitudes y aptitudes las cuales conllevan al desarrollo de un sentido crítico y reflexivo en la constante búsqueda de las mejores alternativas de solución a los problemas relacionados con el desempeño de los conductores profesionales, la traspotación pública del Ecuador y el bienestar de nuestra sociedad.

Una parte del perfil profesional del conductor graduado de la escuela de conducción es la capacidad de generar una actitud que refleje un espíritu permanente de equilibrio emocional ante situaciones adversas, conservando la calma y serenidad, amigable con el medio ambiente considerando las condiciones óptimas de funcionamiento del vehículo. Para lograr desarrollar estas nuevas habilidades en los estudiantes, los instructores y profesores de la Escuela de Conducción ESPE Latacunga engloban estos fundamentos basándose en los principios de una conducción eficiente.

De acuerdo a la Comisión de energía Sustentable Europea y su proyecto ECOWILL (Iniciativa Ecológica), la conducción eficiente significa conducir de manera inteligente ahorrando combustible. Siendo este un nuevo concepto que aprovecha los beneficios de las últimas tecnologías incorporadas en los vehículos, al mismo tiempo que mejora la seguridad vial. Como componente importante dentro de la movilidad sostenible, la conducción eficiente contribuye considerablemente a la protección del medio ambiente y a la reducción de la contaminación. (Ecodrive, 2015)

La movilidad sostenible es un concepto originado por la búsqueda de una solución a los problemas ambientales y sociales causados por la generalización y masificación de un solo modelo de transporte urbano basado en el automóvil particular. Las

principales desventajas de este paradigma son la contaminación del aire, el exceso y mala administración de energía y sus secuelas en la salud de la población.

Toda iniciativa de investigación por parte de las instituciones públicas gubernamentales, empresa privada y el esfuerzo de la academia, representan una gran contribución moral y científica para cumplir con los principios de la declaración de Río de Janeiro sobre el Medio ambiente y el desarrollo, donde en síntesis se enuncia que el estado debe fomentar la protección del medio ambiente como parte integrante del proceso de desarrollo sostenible en todas sus funciones y plataformas, una de estas es la movilidad de la sociedad. (ONU, 2015)

La universidad cuenta con estudios previos referentes al análisis de consumo de combustible y emisiones contaminantes desde una perspectiva estática, es decir con bancos de pruebas fijos, mas no se toma en cuenta la aplicación directa y real de un ciclo de conducción realizado en las clases prácticas para la obtención de una licencia de conducir profesional, esta información es de vital importancia para el entendimiento de la estrecha relación entre contaminación-consumo de combustible y la forma en que el conductor utiliza su vehículo.

El INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables) es una entidad estatal pública de investigación, creada por Decreto Ejecutivo No. 1048 y puesto en vigencia con la publicación del Registro Oficial No. 649, del 28 de febrero de 2012. Su principal objetivo es generar conocimiento y aportar al desarrollo de la ciencia, mediante el fomento del estudio, innovación y difusión de la eficiencia energética y la energía renovable; promoviendo las buenas prácticas para el uso racional de la energía y la implantación de tecnologías dirigidas al aprovechamiento de fuentes energéticas limpias y amigables con el ambiente. (INER, 2015)

Los estados deben cooperar en el fortalecimiento de su propia capacidad de lograr el desarrollo sostenible aumentando el saber científico mediante el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos e intensificando el desarrollo, adaptación difusión y transferencia de tecnología nuevas e innovadoras que permitan al ciudadano común de las naciones del mundo tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente y las actividades que encierran perjuicios a la integridad del ecosistema mundial. (ONU, 2015)

1.2. Planteamiento del problema

Anualmente se registra una gran cantidad de estudiantes aspirantes a la obtención de licencias de conducir profesional en búsqueda de cumplir con los requerimientos necesarios que les habiliten el permiso de conducir vehículos de transporte de pasajeros o carga en el territorio nacional. La Escuela de Conducción Profesional ESPE Latacunga ofrece estos servicios a la ciudadanía en general con el objetivo de crear una cultura de tránsito y seguridad vial mediante la formación adecuada y de calidad a sus estudiantes, uno de estos factores es el desarrollo de hábitos y actitudes positivas de calidad de vida, calidad ambiental y la optimización del rendimiento del conductor.

Actualmente, en la universidad y su escuela de conducción, no existen estudios que relacionen el consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes con criterios de operación del automotor en especial el cambio de marcha a determinadas revoluciones por minuto y diferentes tipos de conductor para de esta forma evaluar la influencia de dichos factores en un ciclo de conducción.

Al promover el análisis de esta investigación estamos contemplando la posibilidad de desarrollar un protocolo de conducción eficiente para que los estudiantes de la Escuela de Conducción Profesional ESPE Latacunga y la ciudadanía en general haga conciencia sobre como su forma de conducir incide directamente en el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes al ambiente.

1.3. Descripción resumida de la investigación

El presente proyecto está enfocado en el análisis del consumo de combustible volumétrico y la emisión de gases contaminantes de los vehículos a gasolina Chevrolet Aveo Family 1.5 4P STD TM Año 2013 y Chevrolet Sail 1.4 4P TM Año 2015 pertenecientes a la flota vehicular de la Escuela de conducción ESPE Latacunga en un ciclo de conducción usado por los aspirantes a conductores profesionales tipo C en horas de clase práctica, respetando las normas y lineamientos de la Ley de Tránsito del Ecuador.

Se establecen dos fases principales para el análisis, la primera es bajo condiciones de régimen de motor (cambio de marcha a 2000 y 4000 RPM) y la segunda por nivel de experiencia del conductor (conductor nivel estudiante y conductor nivel profesional)

Se realiza una revisión técnica mecánica de los vehículos, seguida de un mantenimiento preventivo y un análisis de emisiones de gases contaminantes en prueba estática con el Analizador de gases Cartek, en el Laboratorio de Mecánica de Patio de la institución, bajo referencia de la norma NTE INEN 2204:2002, todo esto previo a las pruebas establecidas del ciclo de conducción, de esta forma reduciendo el nivel de incertidumbre y tergiversación de resultados por el estado mecánico de los vehículos.

La medición de consumo de combustible se realiza mediante la implementación del escáner interfaz ElmScan 5 conectado al DLC (Data Link Connector) OBD II del vehículo, mientras que para la medición de emisiones de gases contaminantes se hace uso del analizador marca QROTECH QGA-6000 que mide concentraciones de CO, CO₂, HC, O₂ y cálculo de valor de lambda; una vez obtenidos los resultados de dichas mediciones se contará con información valiosa y concluyente respecto a la influencia directa de la forma de operación del vehículo por parte del conductor sobre el consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes al ambiente, de esta forma se puede establecer un protocolo a usarse por parte de la Escuela de Conducción para fomentar una conducción eficiente para sus estudiantes.

1.4. Justificación e Importancia

Hoy por hoy, el gobierno nacional a través del INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables propone la creación de nuevas iniciativas para la mejora de la eficiencia energética a través de la investigación y desarrollo de tecnología que permite el uso inteligente y medido de los recursos energéticos que demandan los diferentes tipos de transporte motorizado en el país.

Una vez realizado el análisis de consumo de combustible y emisiones contaminantes se contará con información técnica confiable para generar un protocolo de conducción eficiente para los estudiantes de la Escuela de Conducción Profesional ESPE

Latacunga, de esta forma administrando de mejor manera la cantidad de combustible necesaria para el transporte de usuarios de vehículos en la ciudad.

Para la universidad contribuirá en su vinculación con áreas investigativas, obteniendo resultados satisfactorios que permitan generar información pertinente para entes como el INER, las cuales están enfocadas en la administración correcta de la energía y la reducción de emisiones contaminantes.

Para la Escuela de Conducción Profesional ESPE Latacunga representa un punto de apoyo en su gestión para la formación de nuevos conductores profesionales vinculando la investigación científica con la sociedad en general, con el fin de promover una cultura vial responsable y de conducción eficiente, brindando un potencial beneficio a la economía del conductor y al medio ambiente contribuyendo en la reducción de emisiones contaminantes.

1.5. Objetivos del proyecto

1.5.1. Objetivo general

Analizar la incidencia del consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes en los automotores a gasolina de la Escuela de Conducción Profesional ESPE Latacunga mediante la propuesta de un protocolo de conducción eficiente.

1.5.2. Objetivos específicos

- Obtener la información teórica para el desarrollo del proyecto de investigación.
- Obtener la información técnica de los equipos a usarse para las respectivas mediciones.
- Efectuar una revisión técnica mecánica, mantenimiento preventivo y análisis de emisiones de gases contaminantes en prueba estática de los vehículos destinados a la realización de las pruebas.

- Elaborar el protocolo de pruebas para análisis de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes de acuerdo al régimen del motor y tipo de conductor
- Acondicionar el escáner interfaz Elmscan 5 OBD II para la medición de consumo de combustible.
- Acondicionar el analizador de gases QROTECH QGA-6000 en el vehículo para la medición de gases contaminantes mediante pruebas en ciclo de conducción.
- Realizar las mediciones en un ciclo de conducción siguiendo la ruta establecida para las horas de práctica bajo los protocolos de la Escuela de Conducción Profesional Espe Latacunga.
- Analizar los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en la investigación.
- Establecer un protocolo de conducción eficiente para su uso en clases teóricas y prácticas de los alumnos de la Escuela de Conducción Profesional Espe Latacunga.

1.6. Metas

- Obtención de información teórica para el desarrollo del proyecto de investigación.
- Obtención de información técnica de los equipos a usarse para las respectivas mediciones.
- Revisión técnica mecánica, mantenimiento preventivo y análisis de emisiones de gases contaminantes en prueba estática de los vehículos destinados a la realización de las pruebas.
- Elaboración de protocolo de pruebas para análisis de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes de acuerdo al régimen del motor y tipo de conductor.
- Acondicionamiento del escáner interfaz Elmscan 5 OBD II para la medición de consumo de combustible.

- Acondicionamiento del analizador de gases QROTECH QGA-6000 para la medición de gases contaminantes.
- Medición de consumo de combustible y emisiones contaminantes en un ciclo de conducción siguiendo la ruta establecida para las horas de práctica bajo los protocolos de la Escuela de Conducción Profesional Espe Latacunga.
- Elaboración de reporte final de resultados obtenidos de las pruebas realizadas en la investigación.
- Generación de protocolo de conducción eficiente para los estudiantes de la Escuela de Conducción Profesional ESPE Latacunga.

1.7. Hipótesis

El protocolo de conducción eficiente permitirá alcanzar una reducción en el consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes para los vehículos a gasolina pertenecientes a la Escuela de Conducción Profesional ESPE Latacunga en el ciclo de conducción usado por los aspirantes a la obtención de la licencia profesional.

1.8. Variables de la investigación

- **Variable Independiente:** Protocolo de conducción eficiente.
- **Variable Dependiente:** Consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes.

1.9. Metodología de desarrollo del proyecto

La metodología para realización del proyecto está comprendida por tres fases, la primera es la Elaboración de un Protocolo de Pruebas que contenga todos los procedimientos y consideraciones a tomar para la preparación del vehículo, la segunda es la de Pruebas en Ciclo de Conducción donde se recolectarán los datos esperados

bajo las condiciones expresadas en el respectivo procedimiento descrito a continuación y la tercera el Análisis de Resultados de las mediciones realizadas para emitir conclusiones y recomendaciones inherentes al protocolo de conducción eficiente que se implementará para la Escuela de Conducción Profesional ESPE Latacunga. Estas fases de acuerdo a los métodos de investigación científica se disponen de la siguiente forma:

Tabla 1
Fases de proyecto de acuerdo a métodos de investigación

Metodología	Descripción	Equipo	Laboratorio
Lógico Deductivo	Este método permitió establecer los principios y relaciones existentes que son parte de la investigación propuesta tales como la medición del consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes en un ciclo de conducción real usado por los estudiantes de la Escuela de Conducción Profesional Espe Latacunga.	Vehículos: Chevrolet Aveo Family 1.5 4P STD TM Año 2013. Chevrolet Sail 1.4 4P TM Año 2015. Scanner de Diagnóstico Automotriz G SCAN 2	Laboratorio de Mecánica de Patio ESPE-L Escuela de Conducción Profesional ESPE-L
Lógico Inductivo	Se utilizó este método para conocer con exactitud el número de elementos que forma el objeto de estudio como son: distancia en kilómetros, tiempo total de recorrido.	Computador, cronómetro, Google Maps, cuenta kilómetros del vehículo.	Ruta de ciclo de conducción en la ciudad de Latacunga
Matematización	Permite conocer la aplicación de la teoría de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes aplicadas mediante una fórmula donde se demuestran las relaciones existentes entre sus factores determinantes, de una forma cuantitativa.	Computador, calculadora	-
De medición	El método de medición se utilizó para generar la información y datos numéricos referentes a la cantidad de combustible consumida en litros y la concentración de emisiones de gases contaminantes. Estos valores fueron relacionados con la norma NTE INEN 2204:2002 sobre Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles a gasolina en prueba estática	Escáner Interfaz ElmScan 5 OBD II Analizador de gases marca QROTECH QGA 6000 Analizador de gases marca CARTEK	Venta, alquiler, capacitación y servicio técnico por parte de MC Diagnóstico Automotriz a cargo del Ing. Mecánico Jorge Martínez. Quito
Experimental	Con este método se crearon las condiciones necesarias para la realización de la investigación según el criterio de cambio de marcha a 2000 y 4000 RPM y por nivel de experiencia de conductor	Escáner Interfaz ElmScan 5 OBD II Analizador de gases marca QROTECH QGA 6000	Ruta de ciclo de conducción en la ciudad de Latacunga

CONTINÚA



Observacional sistematizado	Permitió alcanzar un mayor grado de precisión al controlar y registrar los cambios del entorno de desarrollo del proyecto como son ruta de ciclo de conducción fija y única, además del registro de operación del vehículo mediante cámaras de grabación.	Escáner Interfaz ElmScan 5 OBD II Analizador de gases marca QROTECH QGA 6000 Cámara de video	Ruta de ciclo de conducción en la ciudad de Latacunga
Analítico	El método analítico permitió distinguir y revisar de forma ordenada cada uno de los resultados de las pruebas por separado, examinando valores de consumo de combustible en cantidades totales y de emisiones de gases contaminantes en cantidades promedio y máximas; toda esta información se relaciona y racionaliza con la forma de operación del vehículo de acuerdo a las pruebas antes mencionadas	Computador, software Office 2013. Microsoft Word	
De concordancia	El método de concordancia permitió que una vez con los resultados de las diferentes pruebas durante el ciclo de conducción se puedan comparar entre sí para señalar las diferencias entre los criterios de estudio como son cambio de marcha por distinto régimen de motor y nivel de experiencia del conductor.	Computador, software Office 2013. Microsoft Excel	
Síntesis	El método de síntesis permitió consolidar la información obtenida del análisis y la comparación en una conclusión respaldada con evidencias gráficas y magnitudes registradas durante la ejecución de las pruebas y posteriormente tener la capacidad de generar el protocolo de conducción eficiente para ser aplicado por los estudiantes de la Escuela de Conducción Espe Latacunga.	Computador software Office 2013. Microsoft Word. Microsoft Power Point	

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conducción Eficiente

Una de las formas más sencillas y concretas para que una persona conozca un nuevo concepto, es conocer el origen y significado de las palabras que se le presentan, la eficiencia por definición es el resultado de la búsqueda de métodos para alcanzar un efecto deseado usando la menor cantidad de recursos que se tenga a disposición. La conducción es el acto de controlar de forma deliberada y voluntaria la trayectoria y velocidad de un vehículo propulsado por una fuente de energía para llegar a un destino elegido por el conductor. Al relacionar estas ideas entre sí, se deduce que una conducción eficiente busca que el usuario de un automotor logre desplazarse a su destino poniendo en práctica métodos que le permitan alcanzar una reducción en el consumo de combustible y por lo tanto un ahorro en su economía. De forma pragmática y versátil se puede también decir que la conducción eficiente significa conducir de manera inteligente ahorrando combustible. Es un nuevo concepto que aprovecha los beneficios de las últimas tecnologías incorporadas en los vehículos, al mismo tiempo que mejora la seguridad vial. Como componente importante de la movilidad sostenible, la Conducción Eficiente contribuye considerablemente a la protección del medio ambiente y a la reducción de la contaminación. (Ecodrive, 2015)

2.1.1. Beneficios

Es de gran importancia que el conductor habitual que usa su vehículo para transportarse en la ciudad conozca los potenciales beneficios de adoptar una cultura de conducción eficiente, con la ayuda de su mecánico de confianza y adquiriendo nuevos hábitos al volante le permitirá no solo ver un sustancial ahorro en su consumo de combustible sino que ayudará al ambiente a la reducción de gases contaminantes que afectan a todos los actores de la sociedad. (Ecodrive, 2015)

2.1.2. Seguridad

Incremento de la seguridad vial al fomentar una cultura de conducción eficiente, es decir conductor responsables con su medio y los peatones. Existen cientos de conductores que sobrepasan los límites de velocidad establecidos para recorridos urbanos y perimetrales, sin duda alguna por algún motivo que demanda premura, las aceleraciones prolongadas y frenadas bruscas demandan un exceso de energía que puede ser utilizado de mejor manera por el conductor, con una velocidad moderada, frenado adecuado, aceleración progresiva y maniobras de volante pausadas y firmes se puede mejorar el flujo de tráfico en una avenida y reducir el tiempo de viaje en el vehículo. (Ecodrive, 2015)

2.1.3. Economía

Al hablar de un ahorro de combustible sustancial, se entiende que el ahorro para la economía del conductor se podrá constatar al final de un periodo de tiempo en el cual se ha adoptado una cultura de conducción eficiente. Es importante aclarar este hecho ya que, el deseo de todo conductor es ver que su tanque de combustible se encuentre siempre lleno y su dinero se quede en la billetera, las cantidades de ahorro van a representar mucho más su valor en un periodo de tiempo donde se ha mantenido con constancia y voluntad al usar nuevas formas de conducir su automotor. Ahorro de combustible/dinero (5-15% a largo plazo). (Ecodrive, 2015)

2.1.4. Medio Ambiente

Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂).

Como sabemos hoy en día, la contaminación ambiental generada por fuentes móviles es uno de los factores de estudio, análisis y crítica de la sociedad al demandar el derecho natural de una existencia en equilibrio con el planeta sin poner en riesgo la salud de los seres humanos. Es por esto que una de las nuevas estrategias que se están implementando es el uso inteligente del automóvil, administrando de mejor manera la

energía necesaria para la locomoción. Menor gasto de energía, menor será la cantidad de contaminantes emitidos. (Ecodrive, 2015)

2.1.5. Social

Una conducción más responsable se fomenta al momento de cambiar los hábitos del conductor, como son los típicos “arrancones”, es decir, cuando un semáforo da la luz verde, el acelerador se presiona a fondo hasta alcanzar una alta velocidad y al llegar al siguiente semáforo en rojo se debe frenar bruscamente. Todo esto en un tramo de vía pequeño y en un par de minutos, esta forma de usar el vehículo genera picos de energía que son desperdiciados, mientras más energía se consume, mayor es la cantidad de combustible usado y por ende mayor la emisión de gases contaminantes. Una conducción eficiente involucra mantener el automotor a una velocidad moderada, con aceleración progresiva, maniobras firmes y pausadas, así el tráfico se torna menos caótico otorgando fluidez y constancia en el recorrido, reduciendo el nivel de impericia se logra no solo menor estrés durante la conducción sino una mayor comodidad para los pasajeros. (Ecodrive, 2015)

2.1.6. Técnicas de conducción eficiente para ahorro de combustible

Existen varios principios y técnicas para reducir el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes al ambiente, de acuerdo al Gobierno de Canadá y su división Recursos Naturales, se describen los siguientes 5 principios básicos de la conducción eficiente:

- a. Acelerar gentilmente
- b. Mantener una velocidad constante
- c. Anticipar el tráfico
- d. Evitar altas velocidades
- e. Deslizamiento libre para desacelerar

a. Acelerar gentilmente

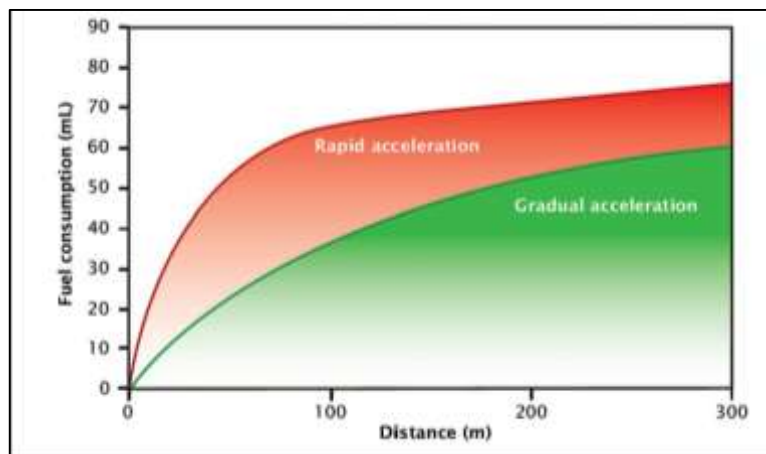


Figura 1 Consumo de combustible basado en aceleración de un Pontiac G5
Fuente: (Natural Resources, 2016)

Mientras más brusca sea la aceleración, mayor será el combustible consumido. En la ciudad se puede conservar combustible presionando el pedal del acelerador de forma gentil y gradual. Para maximizar la eficiencia de combustible, se debe tomar 5 segundos para acelerar el vehículo hasta 20 km/h desde una parada.

Se debe tratar de imaginar que hay un huevo debajo del pedal y que hay una taza de café sobre el tablero. Hay que tener cuidado de no romper el cascarón del huevo o derramar el café. Si se conduce un vehículo a gasolina con transmisión manual, se debe usar una moderada posición del acelerador y cambiar de marcha entre 2000 y 2500 revoluciones por minuto. (Natural Resources, 2016)

b. Mantener una velocidad constante

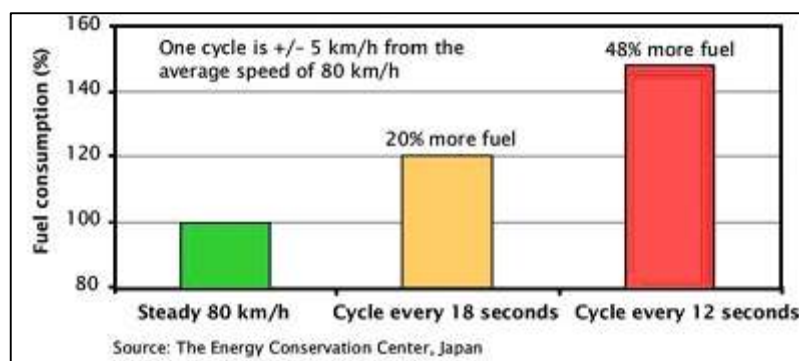


Figura 2 Consumo de combustible basado en una velocidad constante
Fuente: (Natural Resources, 2016)

Ser consistente es la clave. Incrementos involuntarios de velocidad y aceleraciones bruscas repentinas para mantener el ritmo e ir rápido afectan al tanque de combustible y a la billetera. En realidad pruebas han demostrado que al variar la velocidad de baja a alta entre 75 km/h y 85 km/h cada 18 segundos puede incrementar el consumo de combustible hasta 20 %.

Hay que considerar el uso de un control crucero para manejo en autopista y carretera. Sin embargo esas variaciones de velocidad pueden ser beneficiosas cuando la gravedad hace su trabajo. Donde el tráfico lo permita, permite que la velocidad del vehículo caiga cuando se asciende por una pendiente y luego se puede recuperar momento cuando se desciende la pendiente. (Natural Resources, 2016)

c. Anticipar el tráfico



Figura 3 Sistema de anticipación de tráfico de Audi
Fuente: (Oncars, 2016)

Planificar todas las maniobras bien con anticipación para mantener el momento del vehículo. Mantenerse alerta del camino frente del conductor es vital para poder anticipar bloqueos en el camino, también monitorear el movimiento de peatones y otros vehículos manteniendo una distancia confortable con el automotor en frente. Estas técnicas de manejo permiten mantener una velocidad constante el mayor tiempo posible evitando un elevado consumo de combustible y riesgos de seguridad innecesarios.

La seguridad siempre viene primero. Reducir la velocidad en zonas de construcción y cuando el clima es malo y detenerse por completo ante las señales de tránsito y semáforos en rojo. Se debe reflexionar que el conductor está en un viaje para ahorrar

dinero y salvar al medio ambiente, por lo tanto hay que asegurarse de seguir vivo para disfrutar la aventura. (Natural Resources, 2016)

d. Evitar altas velocidades

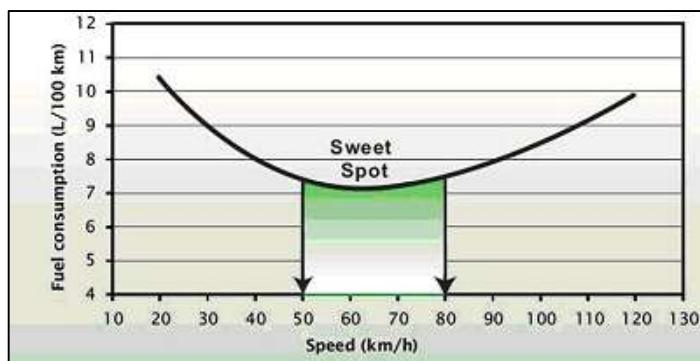


Figura 4 Consumo de combustible basado en la zona de velocidad óptima
Fuente: (Natural Resources, 2016)

Al prestar atención a los límites de velocidad se puede ahorrar combustible. La mayoría de automóviles, vans, SUVs y camionetas operan de forma más eficiente cuando se desplaza a velocidades entre 50 y 80 km/h. Sobre esta zona de velocidad óptima, el motor consume mayor cantidad de gasolina mientras más rápido se mueve el vehículo.

A 120 km/h, un vehículo usa alrededor de 20% más combustible que al circular a 100 km/h. En un viaje de 25 km este aumento en velocidad y consumo de combustible solo acortaría 2 minutos del tiempo de recorrido total. Además se debe considerar que el conducir a altas velocidades es menos seguro porque la personas detrás del volante no tiene el tiempo suficiente para reaccionar ante situaciones de peligro. (Natural Resources, 2016)



Figura 5 Consumo de combustible basado en velocidad
Fuente: (Natural Resources, 2016)

Por ejemplo, si se requiere \$10 en combustible para conducir cierta distancia a 100 km/h, costaría \$12 viajar la misma distancia a 120 km/h. Eso es como tirar \$2 por la ventana cada 100 km.

e. **Deslizamiento libre para desacelerar**

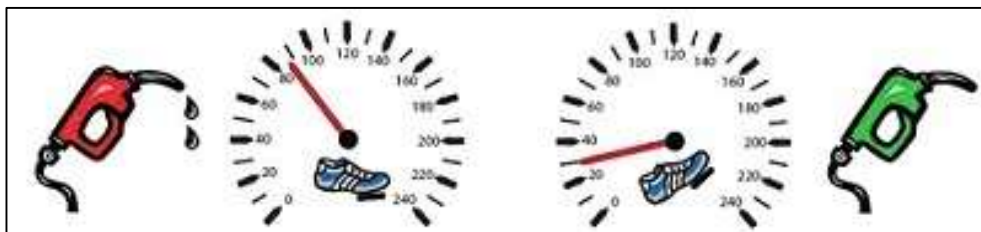


Figura 6 Consumo de combustible basado en el deslizamiento libre
Fuente: (Natural Resources, 2016)

Un conductor necesita frenar muy frecuentemente para lograr que su vehículo se detenga por completo. Sin embargo, al anticipar el tráfico tan pronto como sea posible, se puede disminuir la velocidad conservando el combustible y ahorrando dinero tan solo con retirar el pie del acelerador.

Hoy en día la mayoría de vehículos equipados con sistemas de inyección tienen un módulo que corta el flujo de combustible cuando el pedal del acelerador es soltado por completo. De esta forma se puede decir que el vehículo en desaceleración se encuentra en deslizamiento libre sin usar combustible. Cuando la velocidad del motor desciende a ralentí, el sistema de inyección restablece el flujo de combustible para asegurarse que el motor no se apague. El deslizamiento libre también reduce el desgaste y deterioro de los neumáticos y frenos, lo que puede reducir los costos de reparación y mantenimiento.

2.1.7. Influencias positivas en el consumo de combustible

- Presión de inflado de los neumáticos: Observar los valores elevados para vehículo completamente cargado (ahorro aproximado, 5%).
- Acelerar con alta carga y bajo número de revoluciones, cambiar de marcha superior a 2000 RPM.

- Conducir con la marcha más alta posible: También a números de revoluciones inferiores a 2000 RPM se puede conducir con plena carga.
- Evitar frenar y acelerar de nuevo, conduciendo de modo previsor.
- Aprovechar el corte de la alimentación de combustible en marcha por empuje.
- Parar el motor en largas fases de detención, p. ej. delante de semáforos con largas fases en rojo o barreras de paso de nivel cerradas (en 3 minutos de marcha en ralentí se consume tanto combustible como en 1 Km de recorrido)
- Empleo de aceites de motor de marcha suave (ahorro aproximado de 2 % según indicación de productores) (Bosch R. G., 2003)

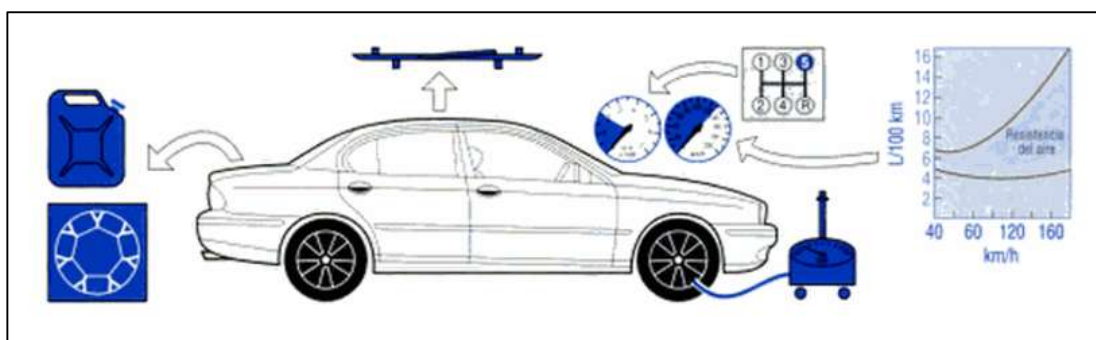


Figura 7 Factores que influyen en el consumo de combustible
Fuente: (Bosch R. G., 2003)

2.1.8. Influencias negativas en el consumo de combustible

- Peso elevado de vehículo a causa de carga inútil p. ej. En el maletero (adicionalmente aprox. 0,3 l/100 Km)
- Alta velocidad de marcha
- Elevada resistencia al aire a causa de portaequipajes de techo
- Consumidores eléctricos adicionales p. ej. Calefacción de la luneta trasera, faros antiniebla (aprox. 1 l/1 kW)
- Filtro de aire obturado por suciedad, y bujías de encendido quemadas (observar los intervalos de cambio) (Bosch R. G., 2003)

2.2. Consumo de combustible

El consumo de combustible sin duda alguna es uno de los aspectos más importantes para la comunidad científica y la sociedad en general ya que los automotores y diferentes medios de transporte consumen una cierta cantidad de combustible para cumplir con la tarea que les demanda el conductor y esto influye de forma directa en la economía del usuario, de modo que la tendencia de las últimas décadas es la de consumir la menor cantidad de combustible posible para tener un ahorro. Existen varias maneras de interpretar el consumo de combustible y estas a su vez son presentadas a los potenciales usuarios, para que conozcan la cantidad necesaria que su vehículo necesita, normalmente estas se expresan en kilómetros por galón [Km/gal] o litros por cada 100 kilómetros recorridos [lt/100Km]. Los fabricantes de automóviles están obligados a indicar el consumo de combustible de los vehículos. Este valor se averigua en el test de gases de escape, partiendo de las emisiones de gases. Para este test se recorre un trayecto de características definidas (ciclo de prueba). De este modo los valores de consumo son comparables para todos los vehículos. (Bosch R. G., 2003)

2.2.1. En Carretera

El consumo de combustible en carretera es una medida que expresa la cantidad de combustible que el auto consume durante trayectos en autopistas y carreteras donde se alcanzan velocidades de hasta 100 Km/h. Usualmente esta medida es mayor a la de consumo urbano ya que al conducir en carretera se obtienen menores obstáculos que en la ciudad, como tráfico y paradas sucesivas.

2.2.2. Urbano

El consumo de combustible urbano es la medida que expresa la cantidad de combustible que el auto consume durante los trayectos que se realicen en la ciudad y casquetes urbanos, donde el automotor se incorpora al tráfico usual de las avenidas y calles circundantes, además de esto el límite de velocidad es de 50 km/h, existen también paradas sucesivas por cruces peatonales, semáforos, ciclo vías y otros.

2.2.3. Mixto

El consumo de combustible mixto es una combinación de la medida de consumo en carretera y urbano, de esta forma se obtiene una medida promedio de la cantidad que el automotor necesita para circular por ambos trayectos, el usuario puede asociar estas medidas de acuerdo a sus requerimientos particulares, comparar entre vehículos y establecer una aproximación de cuánto dinero necesita destinar para combustible.

2.3. Emisiones de gases contaminantes

2.3.1. Productos de la combustión

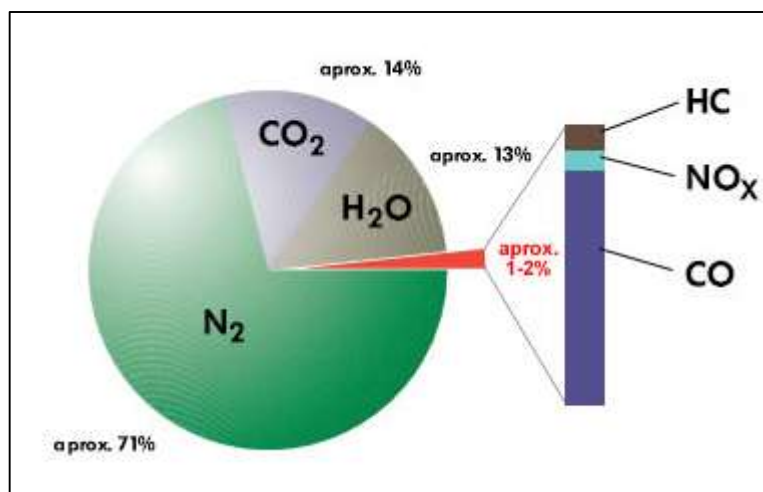
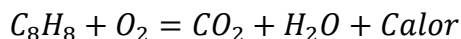


Figura 8 Composición de gases de escape de motores a gasolina

Fuente: (Meganeboy, 2016)

En una combustión completa e ideal de combustible puro con oxígeno sin reacciones secundarias indeseadas se forma solo agua (H₂O) y dióxido de carbono (CO₂). Debido a que las condiciones de combustión no son ideales, por ejemplo gotitas de combustible no evaporadas o película líquida de combustible en la pared de la cámara de combustión, composición del combustible y la presencia de nitrógeno en el aire atmosférico hacen que se generen productos secundarios de combustión no deseados como por ejemplo hidrocarburos no quemados (parafinas, compuestos aromáticos), hidrocarburos quemados parcialmente (aldehídos, cetonas, ácidos de carbono) y los productos propios derivados de la combustión. (Bosch R. G., 2005)

2.3.2. Combustión Completa

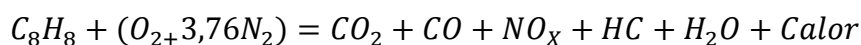


Ecuación 1 Reacción química completa de gasolina y aire

Fuente: (Bosch R. G., 2005)

2.3.3. Combustión Incompleta

Debido a que el aire que se encuentra en la atmósfera no contiene solo oxígeno (21%), se presentan otras sustancias como el Nitrógeno (78%), Vapor de agua (0-7%), y gases residuales, se considera dentro de la ecuación las de mayor porcentaje, además se contempla la relación porcentual volumétrica nitrógeno/oxígeno de 79/21 (3,76), expresada en la ecuación:



Ecuación 2 Reacción química incompleta de gasolina y aire

Fuente: (Bosch R. G., 2005)

2.3.4. Productos derivados de la combustión

2.3.5. Monóxido de carbono (CO)

Es un gas incoloro, inodoro e insípido, además es altamente inestable y se combina fácilmente con fuentes de oxígeno para formar una partícula estable de CO₂, En los seres humanos, reduce la capacidad de absorción de oxígeno de la sangre y por consiguiente produce el envenenamiento del cuerpo. Un contenido de 0,3% de CO en el aire respirado puede tener un efecto mortal en 30 minutos. Los niveles normales de CO de un motor en operación deben ser menores a 0,5 %. Altos niveles pueden ser causados por el taponamiento o restricción total de dispositivos de ventilación del cárter como la válvula PCV, tubos y mangueras. (Halderman & Linder, 2011)

2.3.6. Dióxido de carbono (CO₂)

El CO₂ existe como componente natural del aire en la atmósfera y con relación con las emisiones de gases de escape de automóviles no se clasifica como sustancia nociva. No obstante se considera como uno de los causantes del efecto invernadero y del cambio climático global. La cantidad de dióxido de carbono liberado es directamente proporcional al consumo de combustible. Un nivel aceptable de CO₂ está entre 12 y 15 %, si hay un valor menor a este rango la mezcla de aire combustible puede estar o muy rica o muy pobre. (Halderman & Linder, 2011)

2.3.7. Hidrocarburos (HC)

Un motor en buenas condiciones de operación debería quemar (oxidar) casi toda la gasolina en la mezcla, por lo tanto la concentración de HC en los gases de escape debe ser pequeña, el nivel aceptable es de 50 ppm o menos. Altos niveles de HC pueden ser causados por un exceso en el consumo de aceite por desgaste de las paredes del cilindro, anillos de pistón y guía de válvula en mal estado. La causa más común para un exceso de HC es una falla en el sistema de ignición o de inyección. Los hidrocarburos son considerados como cancerígenos en concentraciones altas para la respiración humana. (Halderman & Linder, 2011)

2.3.8. Oxígeno (O₂)

Existe aproximadamente un 21% de oxígeno en la atmósfera terrestre, y es el gas que permite que la combustión tenga lugar dentro del motor. Una vez que se da la reacción de oxidación para las moléculas de HC en el combustible, los niveles de O₂ presentes en los gases de escape deben ser muy bajos, alrededor del 0,5%. Altos niveles de O₂ especialmente en ralentí pueden ser causados por fugas en el sistema de escape o una falla en el sistema de monitoreo a bordo OBD que hace que la mezcla aire combustible sea pobre. (Halderman & Linder, 2011)

2.3.9. Óxidos de Nitrógeno (NOx)

El óxido de nitrógeno (NO) normalmente es incoloro, insaboro e inodoro cuando sale inmediatamente del motor, pero tan pronto como alcanza la atmósfera y se mezcla con más oxígeno se forma el (NO₂) o Dióxido de nitrógeno, este compuesto de color rojizo tiene un olor ácido y es irritante. Se considera tóxico para la salud humana. Los principales elementos responsables de contrarrestar la formación de estos gases son la válvula EGR, el catalizador que neutraliza la mayor cantidad de los mismos. Si la concentración de NOx es mayor a la esperada de 100 ppm, puede ser causada por una excesiva temperatura de operación del motor, daño de sistema de refrigeración, puntos calientes en la cámara de combustión por acumulación de carbón, o válvula EGR no operativa o conductos tapados. (Halderman & Linder, 2011)

2.4. Relación aire combustible

Para una combustión completa de la mezcla aire combustible, las proporciones de la mezcla deben encontrarse dentro de la relación estequiométrica. Esta relación describe que para el caso de la combustión de 1 kg de combustible se requiere 14,7 kg de aire. La relación de combustible o Lambda (λ) nos muestra hasta qué punto la mezcla de aire y combustible actual presenta una variación o difiere de la cantidad de aire teórico necesario. (Bosch R. G., 2003)

$$\lambda = \frac{\text{masa de aire suministrada}}{\text{masa de aire teórica}}$$

Ecuación 3 Lambda o relación aire combustible

Fuente: (Bosch R. G., 2003)

Para el funcionamiento estequiométrico, es decir en mezcla de aire cuantitativa ideal, lambda tiene un valor de 1. Cuando existe un enriquecimiento de la mezcla, es decir cuando existe una mayor cantidad de combustible que cantidad de aire, se dice que la mezcla es rica y lambda toma valores inferiores a la unidad.

Y de forma inversa, cuando existe un empobrecimiento de la mezcla, es decir cuando existe una mayor cantidad de aire que cantidad de combustible, se dice que la

mezcla es pobre y lambda toma valores superiores a la unidad. Una vez que se supera un punto de mezcla excesivamente pobre, se llega el límite de funcionamiento donde la mezcla ya no será inflamable.

2.5. Relación entre emisiones de gases contaminantes y lambda

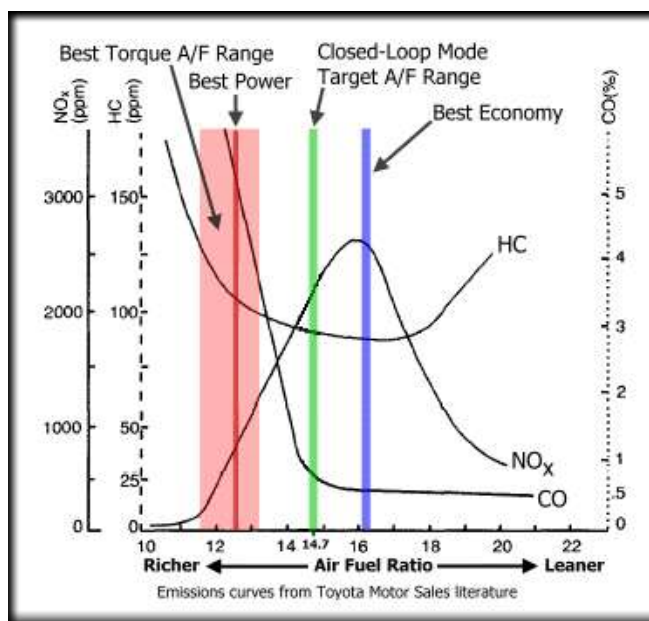


Figura 9 Relación entre emisiones de gases contaminantes y lambda
Fuente: (Endtuning, 2016)

La Figura 9 muestra la relación existente entre la proporción de mezcla aire combustible o lambda y la emisión de gases contaminantes. Se puede ver que cuando existen mezclas de lambda inferior a 1, la mezcla es rica pero se incrementan los hidrocarburos no combustionados HC por los efectos de la combustión incompleta, también la concentración de monóxido de carbono CO se eleva debido a la falta de oxígeno disponible para generar combustión. Estas interacciones entre los diferentes tipos de emisiones residuales son el resultado de la búsqueda de mayor potencia y torque. En la mezcla estequiométrica, es decir lambda igual a 1, se puede observar que los hidrocarburos no combustionados se reducen en concentración junto con el monóxido de carbono ya que se llegó a la mezcla de proporción ideal. A este punto se destina el esfuerzo de la gestión de control de consumo y emisiones del vehículo para que opere en ciclo cerrado, es decir que la mezcla aire combustible se regule solo con la señal del sensor de oxígeno. Mezclas pobres a partir de 16:1 producen la mejor

economía de combustible pero la temperatura se incrementa produciendo la mayor cantidad de óxidos de nitrógeno NO_x posible pero con un bajo nivel de monóxido de carbono CO.

2.6. Carga calculada del motor (Engine load)

La carga de motor o Engine Load se puede definir como la resistencia mecánica externa que actúa en un motor, esto quiere decir que es una medida de la cantidad de trabajo que el conductor requiere del motor para vencer dicha resistencia. Al hablar de la carga de un motor, se debe considerar también otros factores que intervienen como son la velocidad del motor en [rpm], la velocidad del vehículo en [km/h], la apertura de la mariposa del acelerador y la presión absoluta del múltiple de admisión [KPa].

Por ejemplo, si se considera el motor de un vehículo en reposo, es decir, la velocidad del motor es 800 rpm aproximadamente lo que se denomina ralentí, y el selector de marcha esta en la posición Neutro, si se acelera, no existe un valor de carga definido ya que no se está exigiendo trabajo del motor para vencer la resistencia en equilibrio (reposo) y empiece el movimiento.

Si ahora, se cambia el selector de marcha a la posición (1ra), el motor se ha conectado con la transmisión y el vehículo, está listo para vencer la resistencia en equilibrio (reposo), al presionar el pedal del acelerador, se abre la mariposa de aceleración con lo que la presión absoluta del múltiple de admisión aumenta, ingresa más aire al colector de admisión se mezcla con el combustible inyectado, de esta forma la velocidad del motor así como la carga del motor aumenta.

Una vez que el vehículo está en movimiento, debido a que la resistencia del aire se incrementa con la velocidad, el motor debe generar más energía a una velocidad más alta para que así el conductor pueda mantener la velocidad que desea. Al cambiar a una marcha más alta, el motor es capaz de generar más energía con una baja velocidad del motor.

La cantidad de energía referida en los párrafos anteriores no es más que el torque que el motor genera a medida que se acelera, es decir la carga que el conductor genera cuando presiona el pedal del acelerador. Por lo tanto la carga es la comparación del torque calculado en función de la presión absoluta del múltiple de admisión, velocidad del motor y apertura de la mariposa de aceleración. Es adimensional que solo se expresa en porcentaje y se describe por la siguiente fórmula:

$$Engine\ Load = \frac{Current\ Airflow}{Max\ Airflow\ at\ WOT@STP(rpm) * \frac{Baro}{29,92} * \sqrt{\frac{298}{T_{amb} + 273}}}$$

Ecuación 4 Carga calculada de motor

Fuente: (SAE, 2006)

Donde:

Engine Load: Carga de motor en porcentaje [%].

Current Airflow: Flujo de aire actual.

Max Airflow at WOT (rpm): Flujo de aire máximo con la mariposa de aceleración completamente abierta en función del régimen de motor.

STP: Temperatura y presión estándar: 25 °C y 29,92 in Hg barométrica.

Baro: Presión atmosférica en pulgadas de mercurio [inHg]

Tamb: Temperatura ambiente en °C

Características del valor de carga calculado del motor:

- Indica el porcentaje de torque pico disponible durante operación normal sin fallas.
- Esta linealmente correlacionado con el vacío del motor.
- Usado para gestionar enriquecimiento de energía (SAE, 2006)

2.7. Gestión de relación aire combustible por sensor de oxígeno

Una de las principales formas que tiene la unidad de control del motor para controlar la relación aire combustible es mediante el uso del sensor de oxígeno o también conocido como sonda lambda. El proceso necesario para llevar a cabo esta función se

da mediante la implementación de un circuito de control abierto (open loop) y un circuito de control abierto (closed loop).

Ciclo abierto (Open Loop)

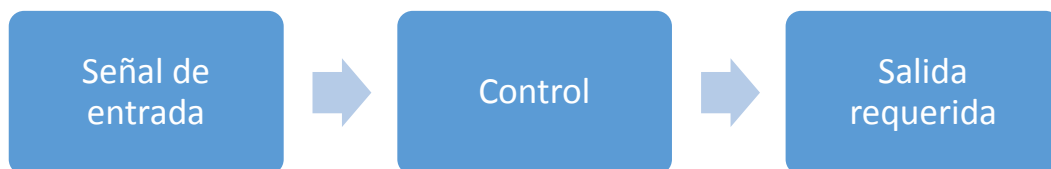


Figura 10 Esquema de ciclo abierto
Fuente: (Denton, 2012)

Un sistema de ciclo abierto está diseñado para dar la salida requerida cuando cierta señal de entrada es aplicada. Un buen ejemplo de un sistema de ciclo abierto en el vehículo es el sistema de luces. Cuando el switch de encendido se presiona, es decir se genera la señal de entrada, las luces se encienden y se obtiene la salida requerida (Denton, 2012)

Ciclo cerrado (Closed Loop)

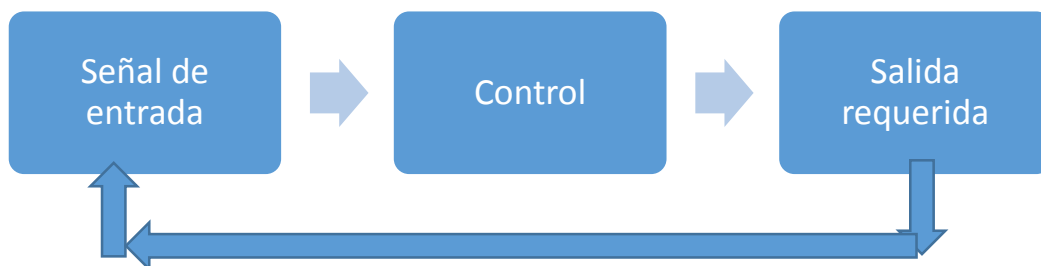


Figura 11 Esquema de ciclo cerrado
Fuente: (Denton, 2012)

Un sistema de ciclo cerrado es identificado mediante un ciclo de realimentación. Esto se puede describir como un sistema donde hay una posibilidad de aplicar medidas de corrección si la salida requerida no es la ideal. Un buen ejemplo de esto en el vehículo es el sistema de control de temperatura automático. La temperatura del interior del vehículo se determina por la salida del calentador el cual es encendido o apagado mediante un switch en respuesta de la señal del sensor de temperatura dentro

de la cabina. La retroalimentación se presenta cuando la salida requerida del sistema también representa una señal de entrada. (Denton, 2012)

Dentro del sistema de control de relación de aire combustible, se presenta un ciclo abierto y ciclo cerrado los cuales desempeñan las siguientes funciones:

2.7.1. Ciclo cerrado (Closed Loop)

El sistema de control de control recibe la señal del sensor de oxígeno que detecta la cantidad de oxígeno residual en los gases de escape. De esta forma el control de combustible solo se gestiona exclusivamente por la señal de la sonda lambda.

La unidad de control del motor ECU generalmente solo entra en ciclo cerrado durante dos condiciones específicas:

- Durante ralentí: Cuando el motor no está sobre demanda de carga, aparte de mantenerse encendido.
- Durante condiciones de carga parcial: Esto se presenta cuando el vehículo está en velocidad crucero, es decir que el motor mantiene el automóvil a una velocidad constante.

Estas dos condiciones se cumplen durante la mayoría del tiempo de operación del vehículo.

2.7.2. Ciclo abierto (Open Loop)

El sistema de control entra en ciclo abierto cuando deja de recibir la señal del sensor de oxígeno y recibe señales del sensor de temperatura de refrigerante y sensor MAP.

La unidad de control del motor ECU generalmente solo entra en ciclo abierto durante tres condiciones específicas:

- Durante aceleración: La ECU invierte mucho de su tiempo deliberadamente enriqueciendo la mezcla aire combustible para evitar incertidumbre y proveer potencia extra.

- Durante desaceleración: O también conocido como frenado de motor, la ECU corta el suministro de combustible por completo para ayudar a la economía.
- Encendido en frío: La unidad de control del motor opera el motor bajo mezcla rica para obtener un encendido rápido y alcanzar la temperatura de funcionamiento adecuada de aproximadamente 80°C. Después de esto se continúa con la operación normal.

2.8. Influencia de factores en la emisión de contaminantes

2.8.1. Relación aire combustible

Otro factor primario que define la cantidad de emisiones tóxicas del motor, es la relación aire combustible. Para obtener la máxima reducción de emisiones al usar un catalizador de 3 vías, los motores con sistemas de inyección en múltiple de admisión operan bajo mezcla estequiométrica, $\lambda=1$ en la mayoría de vehículos comerciales.

Motores con inyección directa de gasolina pueden ser operados en modo de carga estratificada o modo homogéneo de acuerdo al punto de operación del motor. En el modo homogéneo, el sistema inyecta combustible durante la carrera de admisión para producir condiciones comparables a aquellas encontradas con inyección en múltiple de admisión. El sistema revierte a este modo de operación en respuesta a la demanda por alto torque y a altas velocidad del motor. En este modo de operación lambda es situado usualmente igual o superior en los valores inmediatos de $\lambda=1$.

El combustible no es distribuido de forma equitativa a través de toda la cámara de combustión durante el modo de carga estratificada. El efecto deseado se consigue al esperar a la carrera de compresión para inyectar combustible. La nube de mezcla formada al centro de la cámara de combustión debería ser tan homogénea como sea posible, con un exceso de aire de lambda mayor a la unidad. Virtualmente el aire puro o una mezcla extremadamente pobre se presenta en las extremidades o límites de la cámara de combustión. Esto resulta en una relación aire combustible total de $\lambda > 1$ (mezcla pobre) para toda la cámara de combustión. (Konrad, 2014)

2.8.2. Formación de mezcla

En búsqueda de la eficiencia de la combustión, el combustible debería ser dispersado completamente para formar la mezcla homogénea con el aire externo. En motores con inyección en múltiple de admisión esto se refiere a la totalidad de la cámara de combustión, mientras que en motores con inyección directa de combustible esto se refiere solo a la nube de mezcla de carga estratificada en el centro de la cámara de combustión.

Una distribución consistente de mezcla uniforme a todos los cilindros es importante para una baja emisión de contaminantes. Sistemas de inyección de combustible que emplean el múltiple de admisión exclusivamente para transportar aire aseguran una distribución consistente de la mezcla al descargar el combustible directamente en el puerto de admisión justo en frente de la válvula o directamente en la cámara de combustión. Esta consistencia es menos precisa con sistemas dependientes de carburadores y sistemas de inyección monopunto, ya que el combustible tiende a condensarse en las paredes de los puertos de admisión individuales. (Konrad, 2014)

2.8.3. Número de revoluciones

Altas velocidades del motor producen mayor pérdidas por fricción así también como un incremento en el consumo de potencia por sistemas auxiliares como por ejemplo la bomba de agua. Bajo estas condiciones la entrega de potencia por unidad de energía consumida disminuye. La eficiencia de operación del motor empeora a medida que el régimen de motor aumenta.

Al generar un determinado nivel de potencia a altas velocidades del motor producen un alto nivel de consumo de combustible que al producir la misma entrega de potencia a bajas velocidades del motor. Esto conlleva a un incremento en la emisión de contaminantes. (Konrad, 2014)

2.8.4. Reflujo de admisión

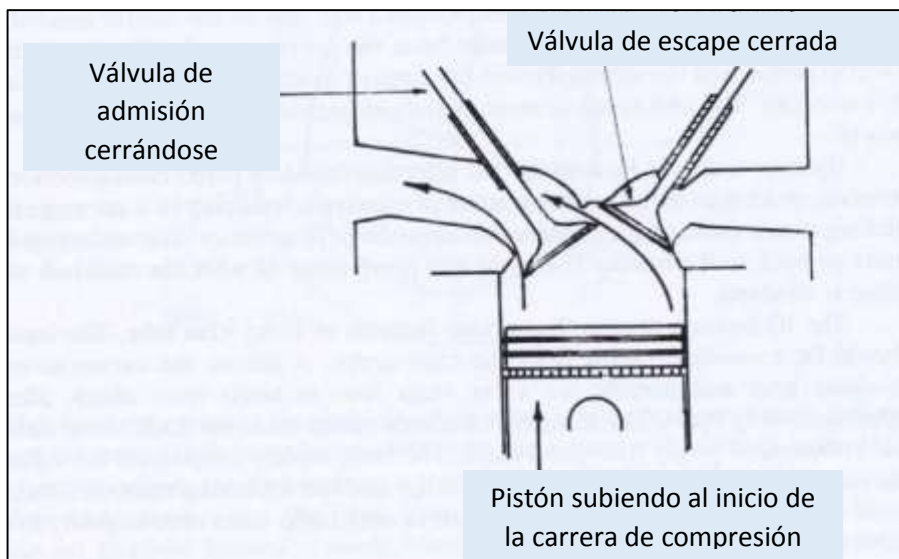


Figura 12 Esquema de reflujo de admisión
Fuente: (Bell, 2002)

En la práctica se conoce que a bajas revoluciones de motor que oscilan entre 2000 y 3000 RPM se presenta el fenómeno de reflujo de admisión de mezcla aire combustible. Durante la carrera de admisión la mezcla presenta características como baja velocidad y momento por efectos de vacío, junto con una baja temperatura que hace que se torne más densa por efecto del aire fresco del exterior, provocan que la mezcla aire combustible tenga una baja inercia; es decir menor resistencia a los cambios de sentido de aceleración; todo esto combinado con un retraso al cierre de admisión (RCA) de 20 a 35 grados en la mayoría de motores comerciales, provoca que cuando el pistón asciende para seguir con la carrera de compresión, parte de la mezcla aire combustible retorne por el puerto de admisión y se acumule en los conductos del múltiple de admisión. Esto conlleva a una reducción de la cantidad de mezcla aire combustible útil para la carrera de trabajo o expansión. (Bell, 2002)

2.8.5. Reflujo de escape

En el escape de la misma forma se presenta el reflujo de gases combustionados a bajas revoluciones de motor de 2000 a 3000 RPM. Debido a que el gas quemado posee propiedades como relativa alta velocidad, temperatura media y densidad aún baja causan que tengan una baja inercia, cuando se abre la válvula de escape después de la

carrera de trabajo, una parte de los gases quemados sale por el ducto de escape mientras que una cantidad significativa retorna a la cámara por la acción del movimiento descendente del pistón para la nueva carrera de admisión así ocupando espacio considerable de volumen del cilindro que debería ser reemplazado por mezcla fresca. (Bell, 2002)

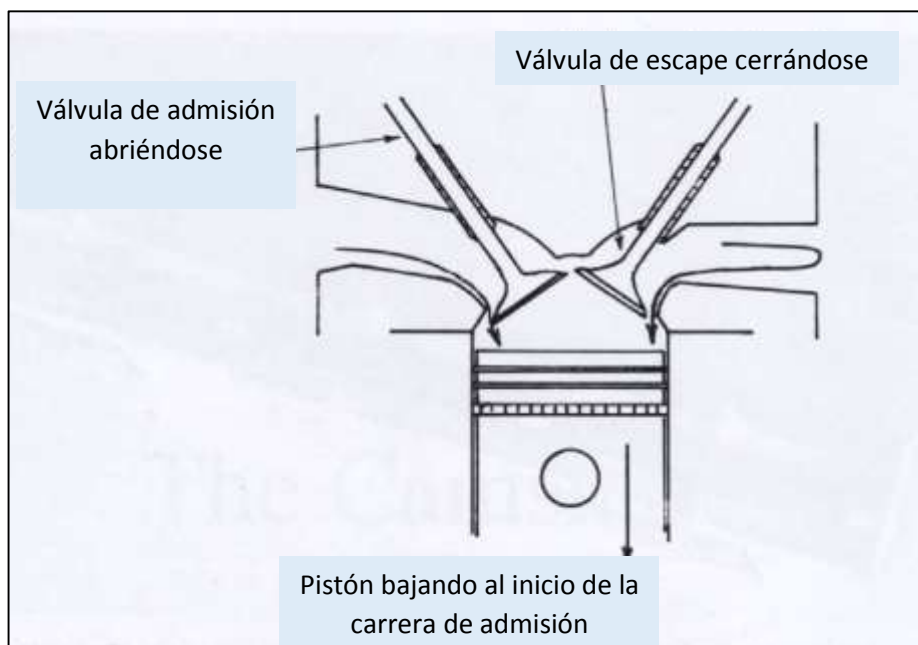


Figura 13 Esquema de reflujo de escape
Fuente: (Bell, 2002)

Esto causa una combustión lenta porque solo se quema de forma efectiva la parte de mezcla fresca mientras que los gases combustionados del ciclo anterior oponen resistencia. Combinando estas características con el retraso de cierre de válvula de escape que oscila entre 5 a 7 grados provocan una reducción de presión dentro del cilindro así también como una velocidad de combustión reducida. (Bell, 2002)

2.8.6. Cortocircuito o Barrido de gases en traslape de válvulas

A mayor número de revoluciones (4000 o superior), cuando se presenta el traslape de válvulas que se define como el periodo de tiempo donde la válvula de admisión y válvula de escape se abren al mismo tiempo debido al reinicio del ciclo Otto.

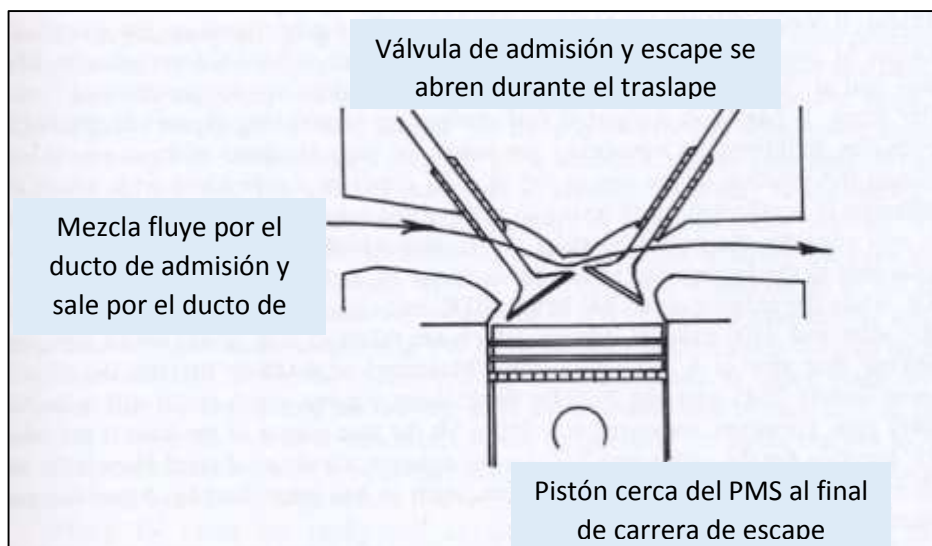


Figura 14 Esquema de cortocircuito de mezcla

Fuente: (Bell, 2002)

La mezcla aire combustible es barrida desde el ducto de admisión a través de la cámara de combustión para salir por el ducto de escape por la alta inercia de los gases combustionados al tener una alta velocidad, temperatura y baja densidad; de esta forma se genera un vacío que jala la nueva mezcla sin antes combustionarse en el ciclo correcto de expansión. Este efecto desencadena una gran fuente de contaminación y perjuicio para la economía de combustible así también como pérdida de potencia.

2.8.7. Extinción de llama

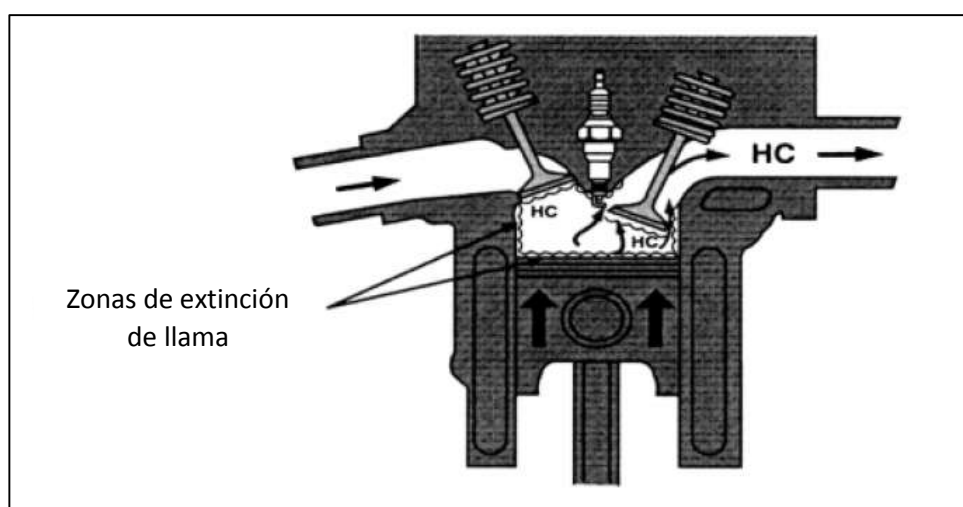


Figura 15 Zonas de extinción de llama

Fuente: (Toyota, 2007)

No todo el combustible es consumido completamente durante el proceso de combustión, una pequeña cantidad de hidrocarburos es generada durante la operación del motor debido a su diseño. Un proceso normal llamado extinción de llama ocurre cuando el frente de llama de combustión se extingue en la frontera con las paredes relativamente frías de la cámara de combustión. Este descenso de temperatura extingue la llama antes de que toda la mezcla aire combustible se haya quemado, dejando así una porción de hidrocarburos que serán expulsados por la válvula de escape. (Toyota, 2007)

2.8.8. Fuentes de hidrocarburos no combustionados

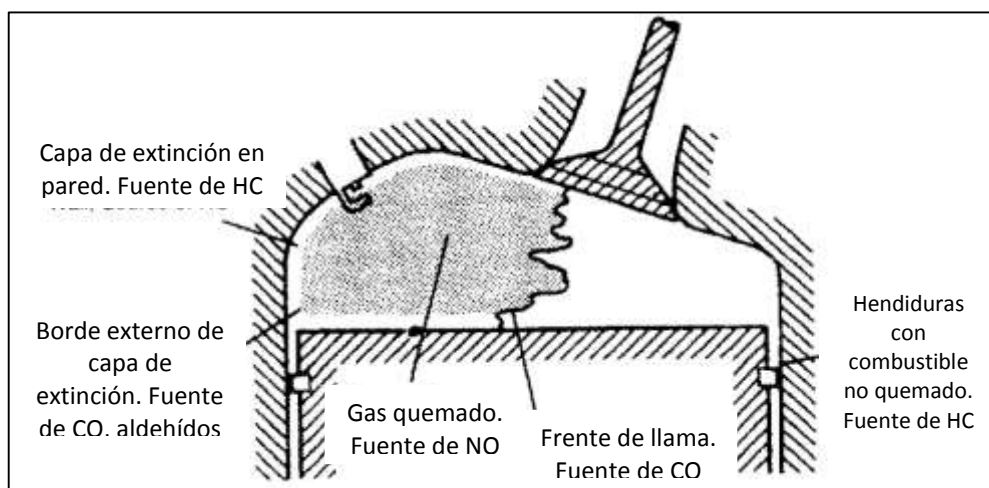


Figura 16 Fuentes de hidrocarburos no combustionados

Fuente: (Stone & Ball, 2004)

- Cortocircuito o barrido de mezcla fresca en el que el combustible mezclado con el aire fresco fluye directamente al colector de escape sin combustionarse durante el traslape de válvulas.
- Capa de aceite y absorción/desorción en hendiduras dentro de la cámara de combustión

La absorción (flujo ingresa a las hendiduras) ocurre cuando la presión del cilindro aumenta y la desorción (flujo sale de las hendiduras) ocurre cuando la presión descende, momento en el cual la temperatura del gas quemado puede ser demasiado baja para completar la oxidación en el tiempo disponible.

- Falla de encendido o quema parcial

Se produce porque la combustión es muy lenta o empezó demasiado tarde o porque el frente de llama fue extinguido debido a altas tasas de esfuerzo o carga.

- Preparación de mezcla defectuosa durante transitorios

Con un arranque frío se debe usar una mezcla rica para asegurar la flamabilidad de la mezcla aire combustible pero la condensación y gotas de combustible que se colan dentro del cilindro no son oxidadas por completo. A medida que la temperatura del motor aumenta, esta tendencia se reduce rápidamente. Sin embargo durante periodos donde la carga cambia, hay una tendencia (incluso en motores con inyección electrónica) para desarrollar mezclas ricas y pobres de forma transitoria. (Stone & Ball, 2004)

2.9. Conductores

2.9.1. Tipos de conductores

Para conducir se requiere de técnica y experiencia. Pero estas cualidades no se adquieren simplemente por tener un vehículo. A más de eso, se requiere de tiempo y de práctica. Debido a ello es muy común que en las calles de la ciudad veamos a distintos tipos de conductores de autos. (Toyocosta, 2015)

Si bien se suele apodar a estos perfiles de conductores dentro del léxico popular como los ‘lentos’, ‘abusivos’ o ‘imprudentes’, la realidad no escapa de sus características. En el país no existen estudios sobre los perfiles psicológicos de los conductores. Pero según Gorky Obando, Gerente General de Aneta (en entrevista para diario El Comercio), existen cuatro tipos de conductores en Ecuador: (Toyocosta, 2015)

- Los agresivos: Este tipo de conductor se caracteriza por no saber controlar las emociones al conducir. Pita a cada momento para apurar a los demás, rebasa

sin cuidado y suele “lanzar” el auto frente a otros para ganar posición en las calles.

- Los descuidados: Estos conductores son principalmente los nuevos al volante. Se los considera ‘descuidados’ porque no suelen coordinar de forma correcta el visualizar la carretera y realizar los cambios del auto. Debido a la falta de práctica, descuidan bastante su conducción. Pero los principiantes no son los únicos. Hay otros conductores con más años de experiencia que aún siguen cambiándose de carril sin previo aviso.
- Los defensivos: Son aquellos conductores que toman las debidas precauciones para no cometer infracciones, o para que otros no le afecten al conducir. Son bastante atentos y seguros.
- Los exhibicionistas: Son aquellos que pretenden mostrarse como ‘bacanes’ en las calles. Según Obando, hacen “un show” de la conducción: usan autos de lujo, los “tunean”, manejan con una sola mano o escuchan música a volúmenes muy altos.

Al tomar en cuenta estos rasgos y tipos de comportamiento frente al volante, se puede englobar estas características en función del nivel de la experiencia del conductor y se definen dos tipos de conductores los cuales a su vez son sometidos al estudio planteado:

2.9.2. Nivel estudiante

El conductor de nivel estudiante es aquel que llega a la institución con una serie de hábitos y características que fomentan un comportamiento de impericia que representa un riesgo para sí mismo y para los demás actores del tránsito. Este conductor no posee un entendimiento pleno de las repercusiones de su forma de conducir en la economía de combustible e incluso a la integridad del automotor desde el punto de vista de incremento de desgaste de partes y piezas innecesario. Este tipo de conductor hace referencia al conductor cotidiano que se pueden encontrar en el tránsito común y corriente de cualquier ciudad del país.

Estos hábitos y características son:

- Aceleración brusca: Presiona el pedal del acelerador hasta el fondo en todo arranque desde que el vehículo está parado.
- Alta velocidad de circulación en tramos urbanos: Rebase obstáculos maniobrando de forma agresiva e intimidante para ganar posición en la calzada
- Cambio de marcha a régimen de motor aleatorio por percepción auditiva: Realiza los cambios con el selector de velocidad de forma más rápida y recurrente para alcanzar altas velocidades lo más pronto posible.
- Realiza maniobras y cambios de dirección súbitos.
- Frena de manera brusca y más frecuente como resultado de encontrar “obstáculos” en su camino por la alta velocidad de circulación.
- No cede preferencia en cruce de peatones u otros vehículos.
- Mantiene el pie izquierdo sobre el pedal de embrague.
- Mantiene el pedal de embrague presionado cuando se detiene por completo sin cambiar la palanca de cambios a la posición Neutro.
- Mantiene la mano derecha sobre la palanca de cambios.
- No usa señalización para prevenir cambios de carril o sentido.

2.9.3. Nivel profesional

El conductor de nivel profesional es el instructor de la Escuela de Conducción Espe Latacunga, que cuenta con una licencia de conducir tipo E. Está plenamente capacitado para instruir a los estudiantes con criterios básicos de conducción segura, además que conoce a breves rasgos la influencia del estilo de conducción en el consumo de combustible y ciertos hábitos que pueden incrementar el desgaste de partes mecánicas del automotor. En adición, ha recibido entrenamiento en técnicas, procedimiento y metodología de conducción gracias a la capacitación constante otorgada a los profesores e instructores miembros de la institución. Se puede decir que es una forma de conducción totalmente opuesta a la de nivel estudiante.

Las características que definen a este conductor son:

- Aceleración progresiva: Presiona el pedal del acelerador de forma suave y moderada, sin llegar hasta el fondo en todo arranque desde que el vehículo está parado.
- Baja velocidad de circulación en tramos urbanos: Mantiene el carril derecho a todo momento y rebasa solo cuando el vehículo que está en frente transita a una velocidad muy inferior a la que se desplaza el conductor.
- Cambios de marcha a bajas revoluciones por minuto (2000 a 3000 RPM).
- Mantiene la palanca de cambios en una sola velocidad durante el mayor tiempo posible. Así logra mantener una velocidad constante durante el recorrido y también un régimen de motor reducido.
- Realiza maniobras y cambios de dirección de forma pausada y calculada.
- Frena de manera sutil y con previsión para reducir la velocidad y detenerse por completo.
- Cede preferencia de vía a peatones y otros vehículos.
- Usa la señalización respectiva para toda maniobra.

CAPÍTULO III

3. PROTOCOLO DE PRUEBAS

3.1. Generalidades

El protocolo de pruebas es la recolección de todos los parámetros y aspectos necesarios a considerar por parte del investigador para el estudio y análisis de las diferentes variables presentes en la conducción por parte del estudiante, de los vehículos pertenecientes a la Escuela de Conducción Profesional ESPE Latacunga. Además se presentan lineamientos y criterios básicos para la realización de las pruebas y obtener una recolección de datos confiable, libre de ambigüedad y tergiversación, tanto por la parte práctica y técnica así como la posterior interpretación de los datos para su análisis.

3.2. Ciclo De Conducción

Los ciclos de conducción son usados por diferentes países y organizaciones de regulación automotriz para evaluar el funcionamiento de vehículos comerciales desde varios puntos de vista como son el consumo de combustible, emisiones de gases contaminantes, comportamiento de motores, transmisiones, suspensión y otros.

Un ciclo de conducción reúne una serie de condiciones fijas y puntuales que se deben seguir a cabalidad en una prueba para que sea reproducible y de esta forma evaluar el fenómeno que se está sometiendo a estudio. (J, S, S, & P, 2009)

Para la elaboración del ciclo de conducción se requiere identificar las variables que intervienen durante el recorrido del vehículo, además de limitar y definir condiciones de factores externos no controlables que pueden influenciar de forma significativa la medición del consumo de combustible y emisión de gases contaminantes en tiempo real. En los siguientes numerales se describen la naturaleza de dichas variables y factores además de las consideraciones a tomar para racionalizarlas e incorporarlas en el lineamiento del ciclo de conducción.

3.3. Ruta

Las rutas de conducción son recorridos especialmente diseñados para disponer al conductor ciertas características especiales donde puede poner en práctica el conocimiento impartido en las aulas de clase por parte de los profesores de la Escuela de Conducción, además de que el estudiante aprenda, desarrolle y distinga las diferentes situaciones que ocurren durante la conducción en tiempo real.

La ciudad de Latacunga así como todas las ciudades del país posee las características necesarias para el desarrollo de prácticas de conducción de estudiantes aspirantes a la obtención de una licencia profesional, existen varios tipos de ruta de acuerdo a la planificación académica que los profesores e instructores siguen durante la totalidad del curso. Todas las rutas son designadas junto con el Director Pedagógico y Coordinador de Instructores de la Escuela de Conducción. La ruta escogida para la realización de la investigación es una ruta de carácter mixto, esto quiere decir que tiene una combinación de tres tipos de ruta:

3.3.1. Tramo Urbano

El tramo urbano comprende una ruta donde el estudiante junto con su instructor recorre las calles del casquete urbano de la ciudad, así como principales avenidas, calles y plazas bajo el límite de velocidad establecido en la ley de tránsito, es decir 50 Km/h. El objetivo de esta ruta es que el estudiante se incorpore al tráfico normal de la ciudad, aprenda y sepa discernir sobre su forma de conducir, sin poner en peligro a los demás actores de la sociedad como transeúntes y otros vehículos.

Los factores que influyen la conducción en este tramo son:

Arranques y paradas sucesivas por:

- Semáforos.
- Cruce de peatones.
- Sentido de preferencia de calles (Norte-Sur).
- Tránsito vehicular.
- Ascenso y descenso de cuestas o pendientes.

3.3.2. Tramo Perimetral

Este tramo comprende el recorrido en avenidas o autopistas que circundan o son vías de acceso al centro de la ciudad, bajo el límite de velocidad que es de 80 Km/h. El objetivo de esta ruta es que el estudiante se incorpore al tránsito normal de estos recorridos y desarrolle un estilo de conducción seguro a velocidades moderadas.

3.3.3. Tramo De Carretera

Finalmente este tramo comprende recorridos en zonas de ingreso o salida de la ciudad y sus alrededores, se lleva a cabo en la Carretera Panamericana, la cual forma parte del sistema de carreteras nacional que sirve de conexión entre provincias, bajo el límite de velocidad de 100 Km/h. El objetivo de esta ruta es que el estudiante se incorpore al tránsito normal de estos recorridos y desarrolle un estilo de conducción seguro a velocidades altas.

3.3.4. Distancia recorrida por tipo de tramo

Tabla 2
Distancia recorrida por tramo

TRAMO	DISTANCIA
Urbano	13,78 Km
Perimetral	6,82 Km
Carretera	4,95 Km
DISTANCIA TOTAL RECORRIDA	25,55 Km

3.3.5. Detalle de ruta e instrucciones

En la siguiente tabla se describen las diferentes calles, avenidas y plazas de la ruta planteada, además de puntos de referencia que ayuden a identificar los diferentes giros y maniobras a realizarse durante la conducción. El punto de inicio y final es el campus centro de la Escuela Politécnica del Ejército Latacunga.

Tabla 3
Detalle de ruta e instrucciones

DISTANCIA	DETALLE E INSTRUCCIONES	TRAMO
0,00	SALIDA ESPE CENTRO	Urbano
0,06	Giro izquierda hacia redondel	
0,10	Giro derecha Av. Roosevelt	
0,48	Giro izquierda Av. Atahualpa	
0,94	Giro izquierda Calle Caraihuayrazo	
1,05	Giro derecha Calle Chimborazo	
1,39	Giro derecha vía a Santán	
2,55	Giro en U desvío – Retorno	
2,81	Avance Av. 11 de noviembre y giro izquierda Calle Los Illinizas	
4,42	Avance Av. Rumiñahui	
4,97	Giro derecha Calle Fernando Sánchez de Orellana	
5,86	Giro izquierda Calle Juan Abel Echeverría	
6,12	Giro izquierda Calle 2 de Mayo	
6,76	Giro derecha Calle Marquez de Maenza	
6,89	Avance Calle Marquez de Maenza bajo carretera Panamericana Sur	
7,04	Giro izquierda hacia intersección con Panamericana Sur	
10,17	Avance Panamericana Sur hasta semáforo de Niagara.	Perimetral
13,09	Avance Panamericana Sur hasta semáforo entrada Belisario Quevedo	
15,97	Avance Panamericana Sur hasta giro en U sector	Carretera
18,80	Retorno Panamericana Sur hasta semáforo entrada Belisario Quevedo	
21,73	Retorno Panamericana Sur hasta semáforo Niagara	Perimetral
21,98	Retorno desvío Av. Unidad Nacional	Urbano
23,90	Giro derecha Calle Gabriela Mistral	
24,11	Giro izquierda Av. Roosevelt	
25,38	Giro izquierda redondel	
25,55	LLEGADA ESPE CENTRO	

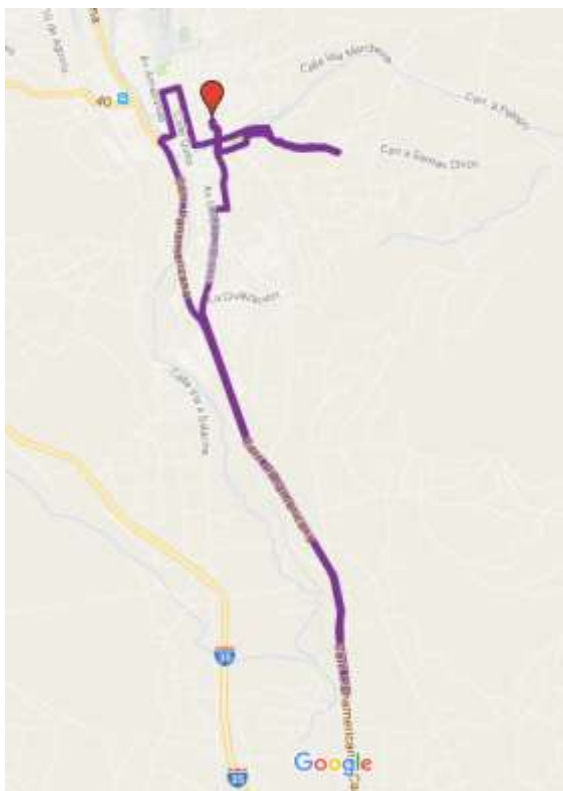


Figura 17 Mapa de ruta
Fuente: (Google Maps)

3.4. Tiempo

El tiempo destinado para la realización de la investigación es el tiempo establecido por la Escuela de Conducción para la clase práctica, donde el estudiante y el instructor salen de la institución en el vehículo a gasolina destinado para este fin. El tiempo total es de 2 horas que se divide de la siguiente forma:

Tabla 4
Distribución de tiempo en hora de clase práctica

LABOR	TIEMPO
Registro de entrada de estudiante.	15 minutos
Revisión previa de vehículo.	15 minutos
Conducción.	1 hora
Registro de salida de estudiante y preparación para siguiente hora práctica.	30 minutos
TIEMPO TOTAL	2 horas


3.5. Vehículos A Gasolina De La Escuela De Conducción

La Escuela de Conducción Profesional ESPE Latacunga cuenta con vehículos a gasolina marca Chevrolet, con modelos Aveo Family y Sail respectivamente, los cuales son usados por los estudiantes aspirantes a la obtención de la licencia profesional en las horas de clase prácticas.

3.5.1. Chevrolet Aveo Family

a. Especificaciones

Tabla 5
Ficha Técnica Vehículo Chevrolet Aveo Family

DATOS GENERALES				
Fabricante	Chevrolet			
Modelo	Aveo Family STD			
Año de Fabricación	2013			
Categoría	Sedán - Familiar			
VIN	-			
Número de motor	-			
Placa	XEA-807			
Color	PLATA			
				
		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
		Motor	Tipo	4 CIL SOHC
			Posición	Delantera transversal
			Cilindrada	1498 cc
			Potencia	83 hp @5600 rpm
			Torque	127,4 N.m @3000 rpm
			Relación de compresión	9,5:1
			Diámetro x Carrera	76,5 x 81,5 mm
			Sistema de Inyección	MPFI
			Válvulas por cilindro	2
Combustible	Gasolina			
Sistema de encendido	DIS – Chispa perdida			
Transmisión	Tracción	Delantera		
	Tipo	Mecánica		
	Relación de transmisión	1.	3,545	
		2.	1,952	
		3.	1,276	
		4.	0,971	
		5.	0,763	
Reversa	3,33			
Relación final de eje	3,944			
Dirección	Tipo	Piñón y cremallera		
	Asistencia	Hidráulica		

CONTINÚA



	Radio de giro	Mínimo	4,89 m
		Pared a pared	5,12 m
Suspensión	Delantera	Independiente McPherson	
	Trasera	Barra de torsión	
	Amortiguador	Gas	
Frenos	Tipo	Hidráulicos circuito cruzado	
	Delantero	Disco ventilado 256 mm	
	Trasero	Tambor 200 mm	
	Freno de mano	Mecánico sobre ruedas traseras	
Peso	Vacío	1040 kg	
	Bruto vehicular	1455 kg	
Llantas	185/60 R14		
Rines	5,5 Jx14" Acero		

Fuente: (Continental, 2016)

3.5.2. Chevrolet Sail

a. Especificaciones

Tabla 6
Ficha Técnica vehículo Chevrolet Sail

DATOS GENERALES			
Fabricante	Chevrolet		
Modelo	Sail		
Año de Fabricación	2013		
Categoría	Sedán - Familiar		
VIN	-		
Número de motor	-		
Placa	XEA-779		
Color	PLATA		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS			
Motor	Tipo	4 CIL DOHC	
	Posición	Delantera transversal	
	Cilindrada	1398 cc	
	Potencia	102 hp@6000 rpm	
	Torque	131,02 N.m @4200 rpm	
	Relación de compresión	10,2:1	
	Diámetro x Carrera	73,8 x 81,8 mm	
	Sistema de Inyección	MPFI	
	Válvulas por cilindro	4	
	Combustible	Gasolina	
	Sistema de encendido	DIS - COP	
Transmisión	Tracción	Delantera	
	Tipo	Mecánica	
	Relación de transmisión	1.	3,727
		2.	2,05
		3.	1,323

CONTINÚA 

		4.	0,943
		5.	0,743
	Reversa	3,454	
	Relación final de eje	4,118	
Dirección	Tipo	Piñón y cremallera	
	Asistencia	Hidráulica	
	Radio de giro	Mínimo	4,89 m
		Pared a pared	5,12 m
Suspensión	Delantera	Independiente McPherson	
	Trasera	Barra de torsión	
	Amortiguador	Gas	
Frenos	Tipo	Hidráulicos circuito cruzado	
	Delantero	Disco ventilado	
	Trasero	Tambor	
	Freno de mano	Mecánico sobre ruedas traseras	
Peso	Vacío	1070 kg	
	Bruto Vehicular	1435 kg	
Llantas	175/65 R14		
Rines	5,5 Jx14" Acero		

Fuente: (Continental, 2016)

3.6. Parámetros de aprobación para el uso del vehículo en la investigación

Antes de proceder a la medición de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes en el ciclo de conducción, es indispensable establecer los criterios de aprobación para que el vehículo elegido sea sometido al procedimiento de investigación. Esto con el fin de asegurar que los resultados que se obtengan en las mediciones sean confiables y se disminuya el margen de tergiversación por el estado mecánico del automotor. Para esto se determinan 3 etapas a considerar:

1. Revisión Técnica Mecánica y Mantenimiento Preventivo
2. Revisión con Escáner OBD II
3. Medición de gases contaminantes en prueba estática.

Se establecerá que el vehículo cumple con las condiciones necesarias para la investigación solo cuando haya cumplido de forma satisfactoria con cada uno de los criterios de evaluación en el orden mencionado. A continuación se describe de forma detallada cada una de las etapas.

3.7. Revisión técnica mecánica

La revisión se efectuará en los principales sistemas del vehículo, con el afán de cubrir la mayoría de partes y elementos que tienen una influencia directa en el funcionamiento adecuado del automotor. Mientras que el mantenimiento preventivo se efectúa con tareas de limpieza, calibración y cambio de autopartes contempladas en la lista de revisión descrita a continuación. Además de esto, los datos, mediciones y descripción de estado mecánico de los diferentes puntos de revisión son captadas en un informe técnico final.

Tabla 7
Puntos de revisión técnica

No.	Sistema o Elemento	Criterio
1	Nivel de fluido	Depósito de refrigerante.
2		Depósito de fluido hidráulico.
3		Depósito de líquido de frenos.
4		Lubricante.
5		Electrolito de batería.
6	Motor	Compresión
7		Vacío
8		Filtro de Aire
9		Filtro de combustible
10		Múltiple de admisión
11		Tubería de depurador
12		Múltiple de escape
13		Tubería de escape
14		Banda de accesorios
15		Radiador
16		Mangueras de refrigerante
17	Sistema eléctrico	Batería
18		Bujías
19		Cables de bujías
20		Fusibles
21	Suspensión y Dirección	Amortiguadores
22		Espirales
23		Guardapolvos
24		Mesas
25		Rótulas

CONTINÚA 

26		Varillaje dirección	Revisión general por deformaciones.
27	Llantas	Neumáticos	Revisión de estado general, medición de labrado, presión de aire.
28		Aros	Revisión general por golpes y deformaciones

3.8. Revisión con escáner OBD II



Figura 18 Escáner Automotriz G-Scan II (izq), Conector DLC OBD II (der)

Una vez finalizada la fase de revisión mecánica se procede a verificar que la unidad de control del vehículo ECU, no registre códigos de falla, esto es fundamental para garantizar que el automotor y su sistema de control de emisiones están funcionando de forma adecuada. Además se puede visualizar los parámetros de operación de sensores y actuadores que son de vital importancia para la interpretación por parte del técnico y emitir una conclusión fundamentada y precisa.

3.8.1. Procedimiento

1. Ubicar el conector DLC del vehículo, normalmente se encuentra debajo del tablero de instrumentos en la sección del conductor debajo del volante.



Figura 19 Conector OBD II Chevrolet Aveo (izq), Chevrolet Sail (der).

2. Con la llave de encendido en la posición OFF, conectar el terminal del escáner al conector DLC del vehículo asegurándose que los pines estén alineados.
3. Mover la llave de encendido a la posición (ON), el escáner se encenderá automáticamente y empezará la lectura de protocolos de comunicación entre la ECU y el escáner.



Figura 20 Pantalla principal G-Scan 2

4. Ejecutar la opción 3 de Código problema diagnóstico.

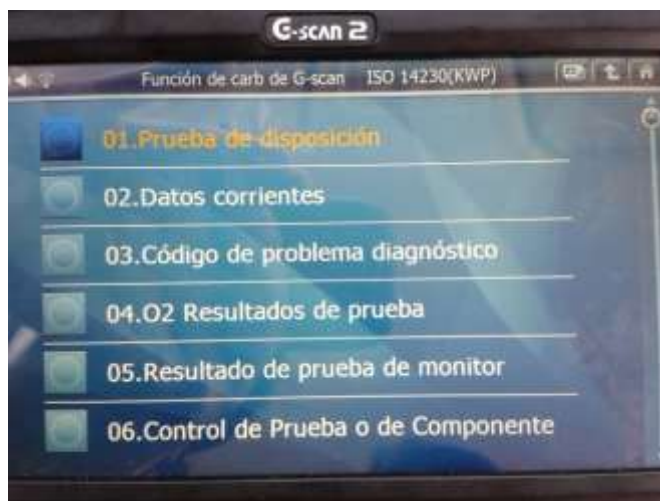


Figura 21 Menú de selección de función G-Scan 2

5. Encender el motor moviendo la llave de encendido a la posición START, seleccionar la opción de lectura de PID's. Permitir que el motor alcance la temperatura normal de funcionamiento (80 a 90 °C)
6. Ejecutar nuevamente la opción de autodiagnóstico y búsqueda de códigos de falla DTC.
7. Registre los códigos encontrados si existen, así también como los valores de los diferentes PID's para su posterior interpretación y análisis.

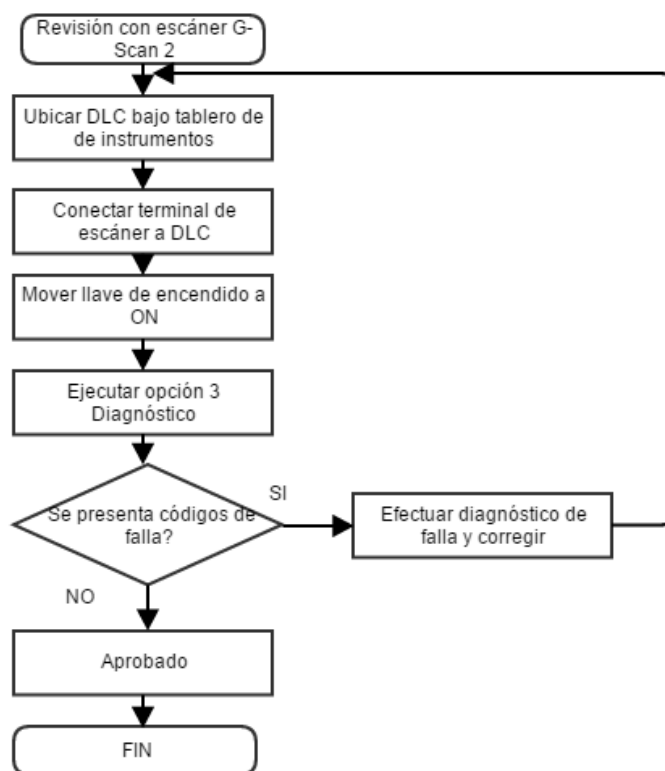


Figura 22 Diagrama de flujo Revisión con Escáner G Scan 2

3.9. Medición de emisiones contaminantes en prueba estática.



Figura 23 Análisis de gases en prueba estática Chevrolet Sail, Chevrolet Aveo.

Finalmente, después de haber realizado el diagnóstico con el escáner y si no existieron códigos de falla, se procede a realizar la medición de gases contaminantes en prueba estática, esto quiere decir que se medirá la concentración de 4 gases: CO, CO₂, HC y O₂ a ralentí y prueba crucero (aceleración a 2500 RPM), en referencia a los límites establecidos en la norma NTE INEN 2204:2002 de la siguiente tabla:

Tabla 8
Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles terrestres con motor a gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática)

Año modelo	% CO *		Ppm HC *	
	0-1500 **	1500 – 3000 **	0-1500 **	1500 – 3000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200
*Volumen				
**Altitud=metros sobre el nivel del mar (msnm).				

Fuente: (NTE INEN 2204, 2016)

3.9.1. Procedimiento

1. Revisar los siguientes aspectos del vehículo y del equipo de medición antes de continuar con la prueba:
 - Verificar el filtro de retención de humedad.
 - Verificar la sonda de muestreo.
 - Verificar caja de cambios en neutro.
 - Verificar que los accesorios del vehículo estén apagados.
 - Verificar que el motor haya alcanzado la temperatura de funcionamiento adecuada. (80 °C).

2. Ejecutar el programa de control del analizador en el computador, se desplegará la pantalla inicial del programa, aquí se muestra el estado del analizador y su funcionamiento.
3. Conectar el Módulo de RPM y Temperatura a la batería del vehículo. Asegurar que la conexión sea en el orden correcto (positivo – negativo).



Figura 24 Conexión de módulo de RPM Chevrolet Aveo

4. Asegurarse que la sonda de muestreo este fuera de la salida del tubo de escape.
5. Verificar que el menú de Banco de Gases y Módulo de RPM y Temperatura desplieguen el mensaje de funcionamiento correcto, en los recuadros de color verde, de lo contrario, revisar la conexión del módulo o efectuar el test de fugas.

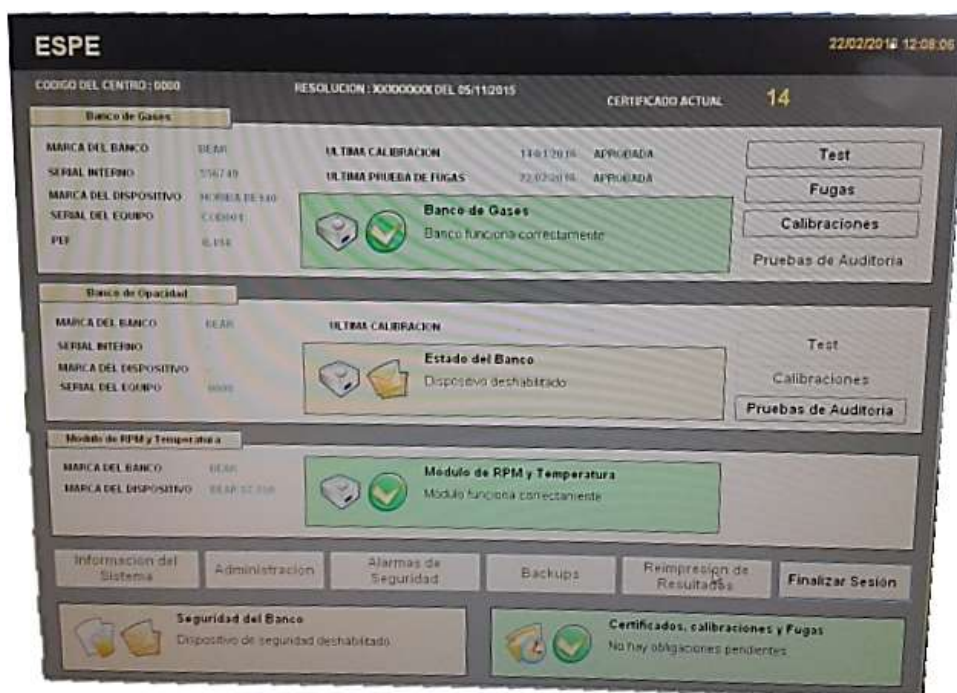


Figura 25 Pantalla de inicio Analizador de gases Cartek

6. Ejecutar la opción TEST. Aquí se desplegará una nueva pantalla de PRUEBA DE GASES, esta secuencia es automática y el técnico debe seguir estas instrucciones a cabalidad, de lo contrario el programa de control no permitirá que se realice la prueba.

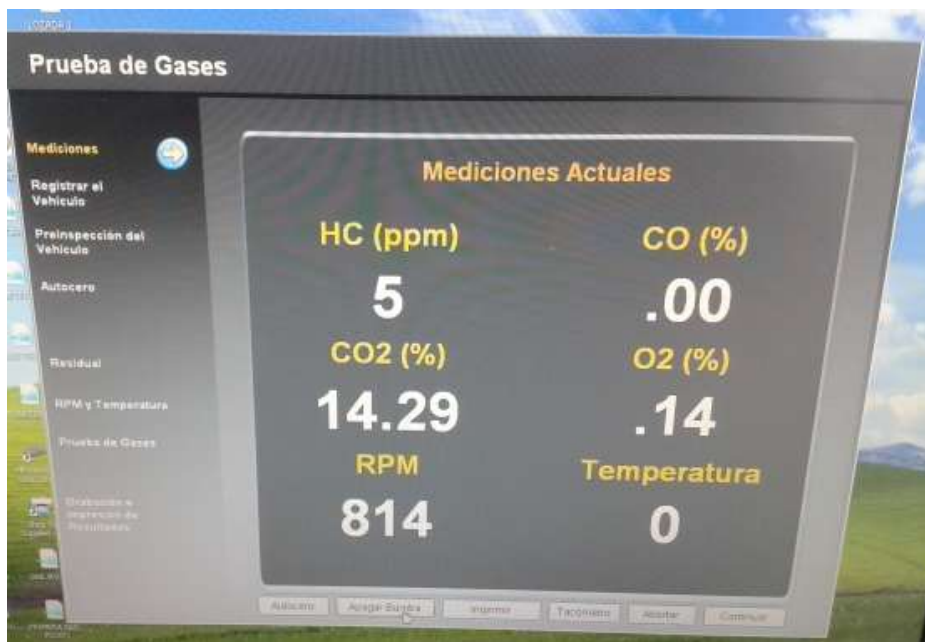


Figura 26 Prueba de Gases con mediciones actuales

El menú MEDICIONES muestra la concentración de los diferentes gases, así como el régimen motor (RPM), al hacer clic en la opción Encender Bomba, el analizador se enciende y rastrea el contenido actual de gases. Esta opción se utiliza para verificar que no existan niveles elevados de contaminantes dentro del analizador que se han acumulado de pruebas pasadas y afecten la medición de la prueba a realizar, En general, el contenido de gases con el analizador encendido al aire del ambiente debe ser el siguiente:

Tabla 9
Contenido de gases mínimo al encender la bomba de succión

HC (ppm)	0-12
CO (%)	0.00
CO2 (%)	0,00
O2 (%)	20,85
RPM	750-850

Si estos niveles se superan, se debe realizar una purga del sistema para eliminar los residuos acumulados dentro del analizador. Para avanzar al siguiente menú, hacer clic en CONTINUAR.

7. En el menú REGISTRAR EL VEHÍCULO, se debe ingresar la información del propietario del mismo así como la información del automotor, los campos en color amarillo se deben completar obligatoriamente.

Información del Vehículo	
Placa	XEAB007
Marca	CHEVROLET
Línea	AVEO FAMILY 4P
Modelo	2013
Servicio	OFICIAL
Clase	AUTOMÓVIL
Número de motor	
Número de chasis	ATD51V4D01917A3
Combustible	Gasolina
Cilindros	1.5
Kilómetros	47202
Número cilindros	4

Información del Propietario	
Identificación	
Tipo de identificación	CC
Nombre	
Apellidos	
Dirección	
Celular	
Correo electrónico	

Cancelar Limpiar Guardar y Continuar

Figura 27 Formulario de información de vehículo

El menú de PREINSPECCIÓN DEL VEHÍCULO, muestra los ítems a revisar y verificar por parte del técnico encargado de la prueba, una vez confirmados, hacer clic en VERIFICADO, si no se cumplen algunas de las condiciones, seleccionar la opción apropiada y se rechazará el inicio de la prueba.

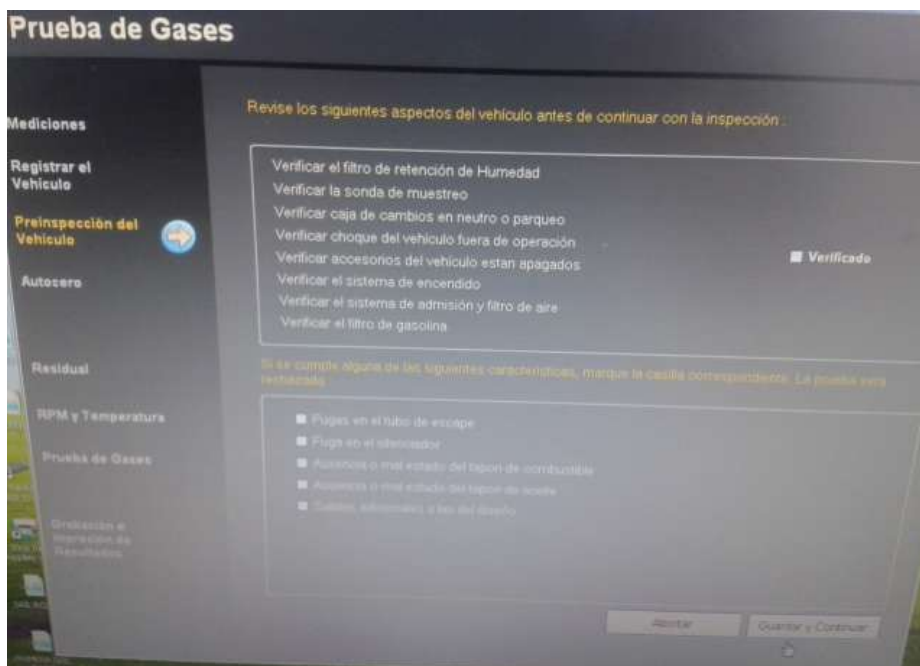


Figura 28 Puntos de verificación antes de iniciar la prueba

La función AUTOCERO, es en la cual el analizador enciende la bomba de succión de gases y empieza la función de encerado, es decir, se compara la medición de aire ambiente y los niveles de concentración almacenados en la memoria del equipo, los compara y determina que el equipo está listo para el inicio de la prueba.

A continuación se despliega el menú de RESIDUAL, aquí el analizador enciende la bomba de succión y mide la cantidad de hidrocarburos residuales dentro del analizador, la lectura debe ser de 0 PPM.

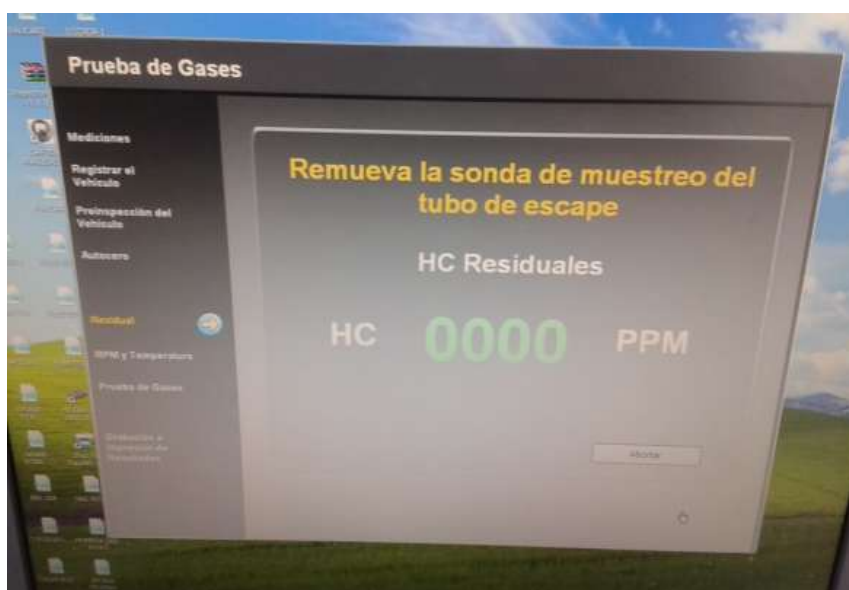


Figura 29 Lectura de hidrocarburos no combustionados residuales

- Insertar la sonda de medición en el tubo de escape, ahora se da inicio a la prueba, se muestra una pantalla con la lectura actual de RPM y Tiempo restante de la prueba, con el mensaje 'PRUEBA RALENTÍ EN PROGRESO'. Esperar a la finalización del tiempo establecido.



Figura 30 Prueba de ralentí en progreso

Se muestra una nueva pantalla con el mensaje 'PRUEBA CRUCERO', acelerar hasta 2500 RPM y mantener el régimen motor durante el tiempo restante de la prueba. Se mostrará el mensaje 'PRUEBA REALIZADA EXITOSAMENTE'

- Retirar la sonda de muestreo del tubo de escape.

Al finalizar, se muestra una ventana para guardar el archivo con los resultados en la ubicación que el técnico desee.

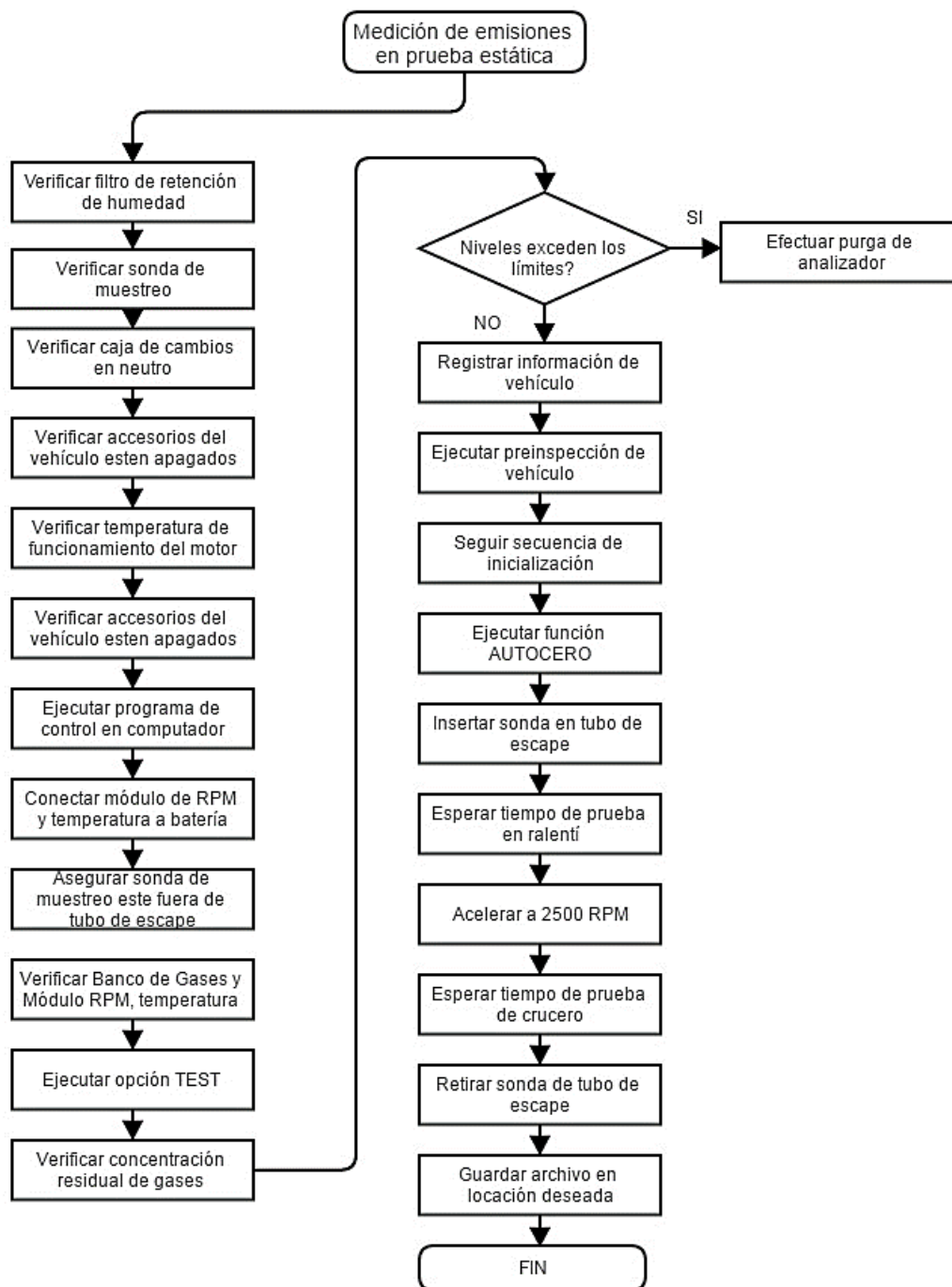


Figura 31 Diagrama de flujo prueba de gases estática

3.10. Equipo de medición

3.11. Escáner Interfaz Elmscan 5 Obd II



Figura 32 Escáner Interfaz Elmscan 5 OBD II

3.11.1. Generalidades

El Escáner Interfaz ELMSCAN 5 OBD II es un dispositivo de diagnóstico e interfaz gráfica que permite visualizar la información de códigos de falla y PID's del motor en tiempo real a través de la conexión de un módulo OBD II a una computadora. Cumple con la mayoría de protocolos OBD II para cubrir la mayoría de marcas de automóviles del mercado, el software de control compatible con Windows permite configurar el escáner de acuerdo a la necesidad del usuario.

Para la investigación este equipo permite medir la cantidad de combustible consumida en el trayecto en tiempo real, con la posibilidad de visualizar consumo total y consumo promedio en km/gal, cantidad total de combustible en gal, distancia recorrida, revoluciones por minuto, velocidad, carga y temperatura. Esto implica que se debe destinar una laptop que estará a bordo del vehículo, registre y guarde los datos obtenidos de la medición.

3.11.2. Especificaciones

Tabla 10
Especificaciones Escáner ELMSCAN 5 OBD II

Dimensiones	3,5 “L x 1,9” W x 1”H (88,8 x 48,3 x 26 mm)
Corriente nominal	46 mA
Voltaje de operación	8-18 V DC
Rango máximo de PID ID	~130 PID/segundo
Temperatura de operación	(-20 °C a 55 °C)
Soporta todos los protocolos OBD II	Si
Soporta CAN GMLAN	No
Soporta MS CAN FORD	No
Modo de ahorro de energía	No
Operación en humedad	10 a 85 % (no condensable)
Protocolos	ISO 15765-4 (CAN) ISO 14230-4 (Keyword Protocol 2000) ISO 9141-2 (Asian, European, Chrysler) J1850 VPW (GM) J1850 PWM (Ford)

Fuente: (ScanTool, 2016)

3.11.3. Requisitos De Instalación

- PC, computadoras, laptops con Windows 32x o 64x XP SP2 y superiores con conexión USB.
- Conector de vehículo OBD II.

3.11.4. Guía De Instalación

1. Ubicar el conector OBD II del vehículo en el habitáculo.
2. Conectar el escáner asegurando que este firme y en una posición adecuada que no perturbe la comodidad del conductor.
3. Conectar la terminal USB a la computadora.
4. Colocar la llave de encendido en la posición ON.
5. Ejecutar el programa de control de la interfaz OBDWIZ.
6. Encender el motor moviendo la llave de encendido a la posición START.

NOTA: Intentar operar una computadora o laptop o cualquier dispositivo electrónico mientras se está conduciendo es una actividad peligrosa y no se recomienda. Muchas de las funciones de la aplicación no están destinadas para usarlas mientras se conduce. No intente usar esta aplicación o navegar mientras este conduciendo. Se recomienda usar la ayuda de otra persona para evitar distraer al conductor.

3.11.5. Interfaz De Control Y Visualización

La pantalla inicial del programa de control despliega el panel principal donde se efectúa la conexión del escáner con la computadora.

1. Hacer click en CONNECT.
2. Esperar a que se ejecuten los protocolos de reconocimiento del equipo y el escáner.

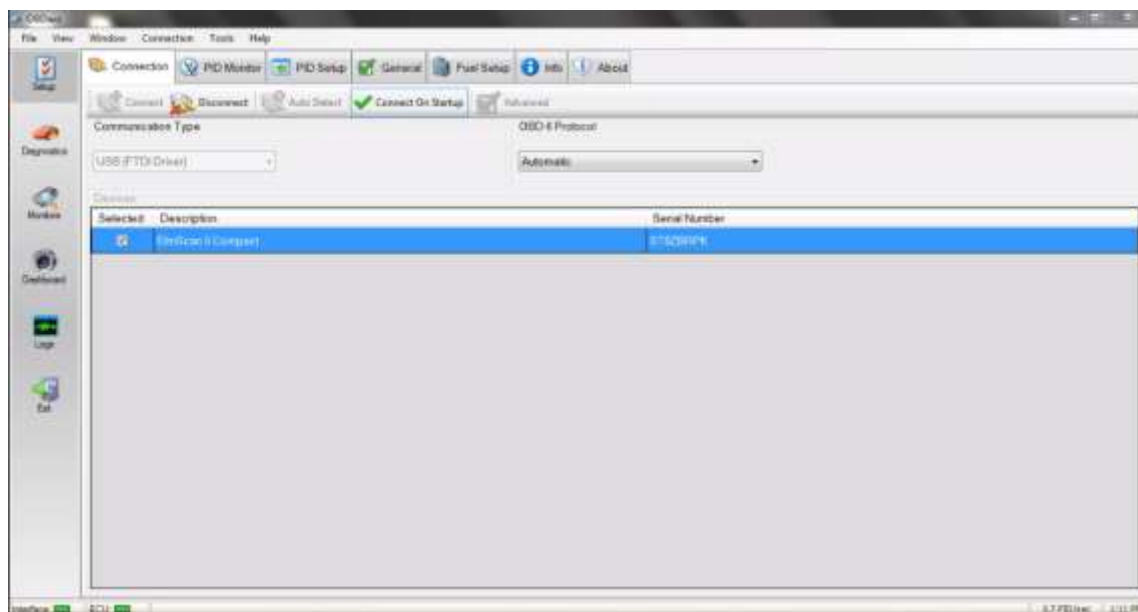


Figura 33 Pantalla de inicio programa OBDWiz

Se despliega la pantalla con los PID's detectados y los valores respectivos.

PID	Description	Value	Units	Min	Mean	Max
Fuel 0x02	Fuel rate	0	l/h	0	0	0
Fuel 0x05	Instant fuel economy	0	km/l	0	0	0
Fuel 0x01	Total fuel economy	2.95	km/l	2.95	2.95	2.95
SAE 0x05	Intake manifold absolute pressure	25	kPa	25	49	73
SAE 0x0C	Engine RPM	900.75	RPM	0	450.38	900.75
SAE 0x0D	Vehicle speed	0	km/h	0	0	0
SAE 0x0F	Intake air temperature	23	C			
SAE 0x09	Supported PIDs 0x01 to 0x1F	MonitorStatus: Fuel...				
SAE 0x01	Number of trouble codes, MIL indicator on/off, and available onboard tests	MIL DE # Trouble C...				
SAE 0x05	Fuel system status	Open loop due to i...				
SAE 0x04	Calculated load value	20	%	20	20	20
SAE 0x06	Engine coolant temperature	52	C			
SAE 0x06	Short term fuel trim - Bank 1	0	%	0	0	0
SAE 0x07	Long term fuel trim - Bank 1	-0.78	%	-0.78	-0.78	-0.78
SAE 0x07	Ignition timing advance for #1 cylinder	4.5		4.5	4.5	4.5
SAE 0x11	Throttle throttle position	78.82	%	78.82	78.82	78.82
SAE 0x13	Oxygen sensors present	Bank 1 Sensor 1. B...				
SAE 0x14	O2 voltage (Bank 1, Sensor 1)	0.44	V	0.44	0.44	0.44
SAE 0x14	Short term fuel trim (Bank 1, Sensor 1)	0	%	0	0	0
SAE 0x15	O2 voltage (Bank 1, Sensor 2)	0.46	V	0.46	0.46	0.46
SAE 0x15	Short term fuel trim (Bank 1, Sensor 2)	99.22	%	99.22	99.22	99.22

Figura 34 Registro de valores de PID's actuales

3. Hacer click en el menú FUEL SETUP.

Se debe conocer con anterioridad si el vehículo tiene sensor MAF o MAP, para seleccionar el método de cálculo de consumo de combustible respectivo. Para esto hacer click en el que corresponda en el menú FUEL CALCULATION METHOD.

4. En CONFIGURATION seleccionar la cilindrada del motor que corresponda.

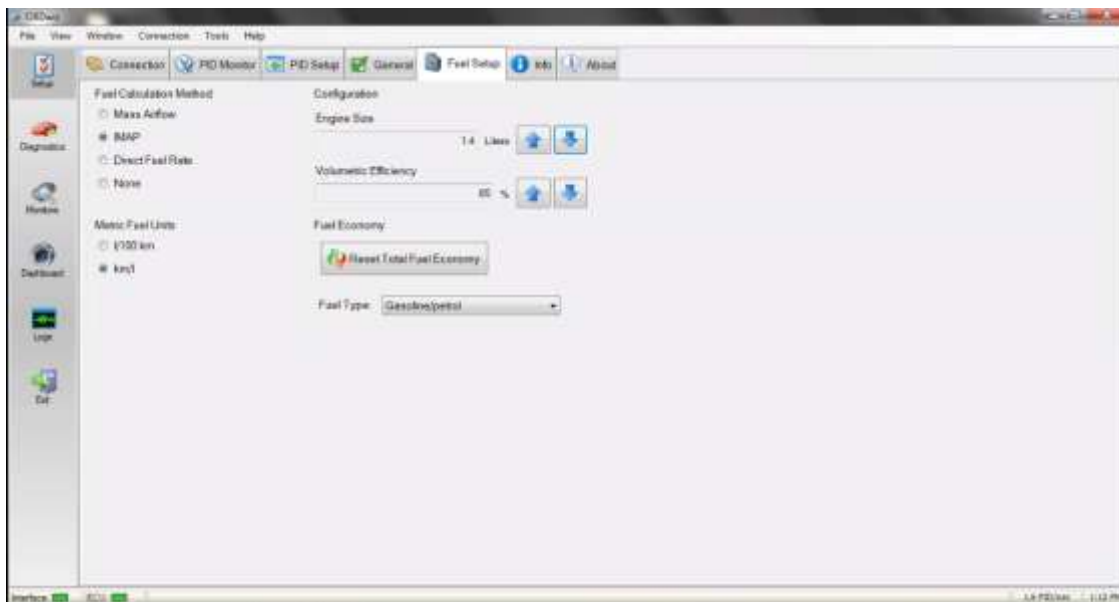


Figura 35 Pantalla de configuración de combustible

5. Hacer click en la pestaña DASHBOARD, aquí se despliegan los diferentes indicadores del consumo de combustible, revoluciones por minuto, velocidad, carga y temperatura del motor.
6. Hacer click en RESET para empezar el conteo al momento que empiece la medición respectiva.



Figura 36 Pantalla de medición principal

3.11.6 Descripción de Pantalla de medición principal



Figura 37 Descripción de funciones de pantalla de medición principal

Tabla 11

Descripción de funciones de pantalla de medición principal

1	Consumo Total [Km/l]	Indica el valor de consumo de combustible calculado con todos los datos monitoreados desde el inicio de la última sesión.
2	Consumo Instantáneo [Km/l]	Indica el valor de consumo de combustible instantáneo. Este valor puede variar en gran escala durante la operación normal
3	Consumo por hora [lt/h]	Indica el flujo de combustible instantáneo por hora. Este valor puede variar en gran escala durante la operación normal
4	Consumo de recorrido actual [Km/l]	Indica el valor de consumo de combustible calculado en el recorrido actual.
5	Distancia [Km]	Muestra la distancia en kilómetros estimado en el recorrido actual
6	Combustible [lt]	Indica el volumen de consumo de combustible en el recorrido actual
7	Indicador de ciclo abierto o cerrado	Muestra el estado del sistema de combustible en el recorrido actual. Ciclo cerrado: Indica que el control de mezcla aire combustible se gestiona exclusivamente con la señal del sensor de oxígeno o sonda lambda. Ciclo abierto: Indica que el control de mezcla aire combustible se gestiona con las señales de los sensores MAP y CTS. Sin usar la señal del sensor de oxígeno o sonda lambda.
8	Tacómetro [RPM]	Muestra el régimen motor o velocidad del motor.
9	Temperatura de Motor [°C]	Muestra la temperatura de funcionamiento del motor mediante la lectura del sensor CTS.
10	Carga [%]	Muestra el torque calculado en el recorrido actual. Se calcula comparando la salida de torque del recorrido actual con el torque máximo generado y el régimen de motor.
11	Velocidad de vehículo [Km/h]	Muestra la velocidad del vehículo.

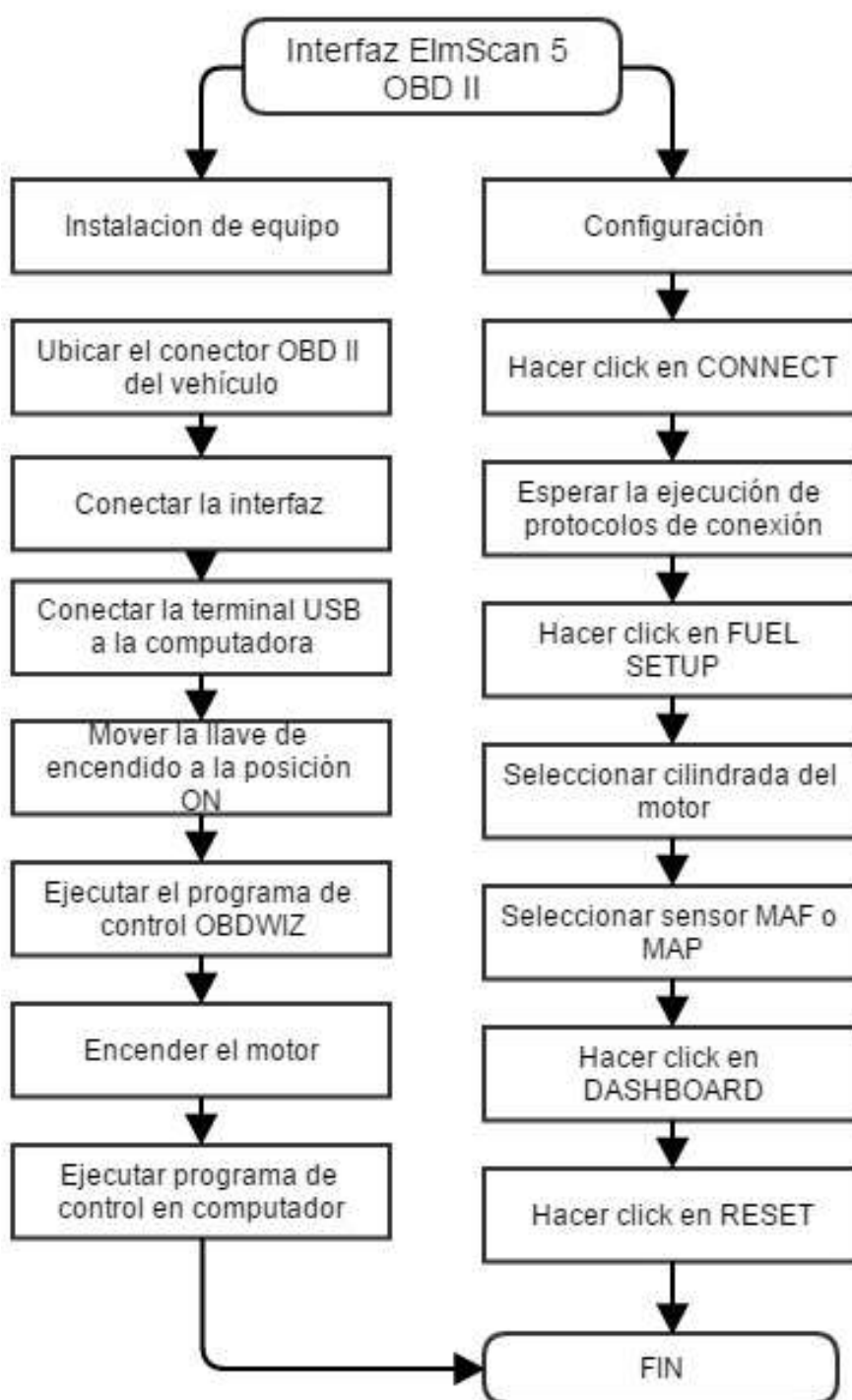


Figura 38 Diagrama de flujo Interfaz ElmScan 5 OBD II

3.12. Analizador De Gases Qrotech Qga-6000



Figura 39 Analizador de Gases QROTECH QGA 6000
Fuente: (Comvil, 2015)

3.12.1. Generalidades

El analizador de gases marca QROTECH QGA 6000 es portátil y ligero, está equipado con una bomba de vida extendida para alta estabilidad y precisión de hasta 0,1 % en volumen y 1 ppm, se usa ampliamente para mediciones en pruebas estáticas y dinámicas de hasta 4 gases con cálculo de valor lambda, de esta forma se colectarán las siguientes mediciones:

- CO Monóxido de Carbono
- CO₂ Dióxido de Carbono
- HC Hidrocarburos no combustionados
- O₂ Oxígeno
- Cálculo de Lambda

En el vehículo se adaptará para su uso en la prueba de ciclo de conducción mediante una conexión eléctrica con un inversor 12 V DC a 120 V AC y la ubicación adecuada de la sonda de medición que se instala en la salida de la tubería de gases de escape.

Tabla 12
Características del analizador de gases QROTECH QGA 6000

QGA - 6000	
  	<p>Análisis de 4 gases con cálculo de valor lambda y AFR (Air/Fuel Ratio) Visualización en display integrado. Bomba de trabajo pesado. Impresora térmica integrada. Kit de conexión a computador. Selección de tipo de combustible (gasolina, alcohol, gnv, glp). Accesorios de repuesto incluidos. Rango de operación y precisión en equipos de certificación Excepcional precisión, estabilidad y durabilidad. Actualizable a 5 gases (Opcional NOX). Tiempo de respuesta de menos de 10 segundos. Standby para la vida extendida de la bomba y bajo consumo de energía. Ajuste automático de tiempo de calentamiento de 2 a 8 minutos. Conexión opcional con cable RS232 kit (software y cables) Sonda de acero inoxidable para mayor duración.</p>

Fuente: (Comvil, 2015)

3.12.2. Especificaciones

Tabla 13 Especificaciones Técnicas de analizador de gases QROTECH
Especificaciones Técnicas de analizador de gases QROTECH

Medición de gas	CO, HC, CO ₂ , Lambda λ , AFR (Air/Fuel Ratio), NO _x (Opcional)						
Método de medición	CO, HC, CO ₂ : Método NDIR (sensor Infrarrojo no dispersivo) O ₂ , Nox: Celda electroquímica						
Mediciones	CO	HC	CO ₂	O ₂	LAMBDA λ	AFR	Nox
Rango de medición	0,00~9,99%	0~9,999 o 20000 ppm	0,0~20,0%	0,00~25,0%	0~2,000	0,0~99,0	0~ 5000 ppm
Resolución	0,01%	1 ppm	0,10%	0,01%	0,001	0,1	1 ppm
Tiempo de respuesta	Dentro de 10 segundos (más del 90%)						
Tiempo de calentamiento	Alrededor de 2 – 8 minutos						
Flujo de extracción de bomba	4~6 L/min						
Energía	AC 120 V \pm 10%, 60 Hz						
Consumo de energía	Alrededor de 50 W						

Fuente: (Comvil, 2015)

3.12.3. Certificación De Equipo

El equipo a usarse para la medición de emisiones de gases contaminantes cumple con los requerimientos de la Norma ISO 3930 (Instrumentos para medición de emisiones de escape de vehículos) referenciada en la siguiente tabla:

Tabla 14

Especificaciones Técnicas de los analizadores de gases clase I

	CO(% vol)	CO2(% vol)	O2 (% vol)	HC(ppm vol)
Rango mínimo de medición	0-5	0-16	0-21	0-2000
Resolución mínima	0,01	0,1	0,01 para x<4% vol 0,1 para x>4% vol	1
Errores Intrínsecos máximos permitidos	Absolutos			
	±0,06% vol	±0,4% vol	±0,1% vol	±12 ppm vol
	Relativos			
Errores Máximos permitidos en verificación inicial	±3%	±4%	±3%	±5%
	Absolutos			
	±0,06% vol	±0,5% vol	±0,1% vol	±12 ppm vol
	Relativos			
	±5%	±5%	±5%	±5%

Fuente: (Mafla & Ortiz, 2007)

3.12.4. Vista General y Partes

VISTA FRONTAL



Figura 40 Analizador de gases vista frontal

Fuente: (Comvil, 2015)

Tabla 15
Descripción de panel de control frontal

1	Ventana display de CO Muestra la densidad de CO y el estado de procedimiento del programa.
2	Ventana display de HC Muestra la densidad de HC y el estado de procedimiento del programa.
3	Ventana display de CO2 Muestra la densidad de CO2 y el estado de procedimiento del programa.
4	Ventana display de O2 Muestra la densidad de O2 y el estado de procedimiento del programa.
5	Ventana display de Lambda Muestra el valor Lambda (relación aire/combustible) estado del procedimiento del programa.
6	Ventana display AFR/NOx Muestra el valor del AFR, NOx, y estado del procedimiento del programa.
7	PRINT TECLA Usado para impresión de los datos.
8	MENÚ TECLA Usado para escoger una función suplementaria.
9	▼TECLA CERO Usado para corrección del punto del dato o mover una figura o dígito.
10	▲TECLA PURGA Usado para realizar una purga o ejecutar un aumento de valor.
11	ENTER TECLA Usado para medición de gases o confirmar una función suplementaria.
12	ESC TECLA Usado para volver al modo stand-by.
13	Caja de la impresora: El papel de la impresión sale de esta caja.

VISTA TRASERA

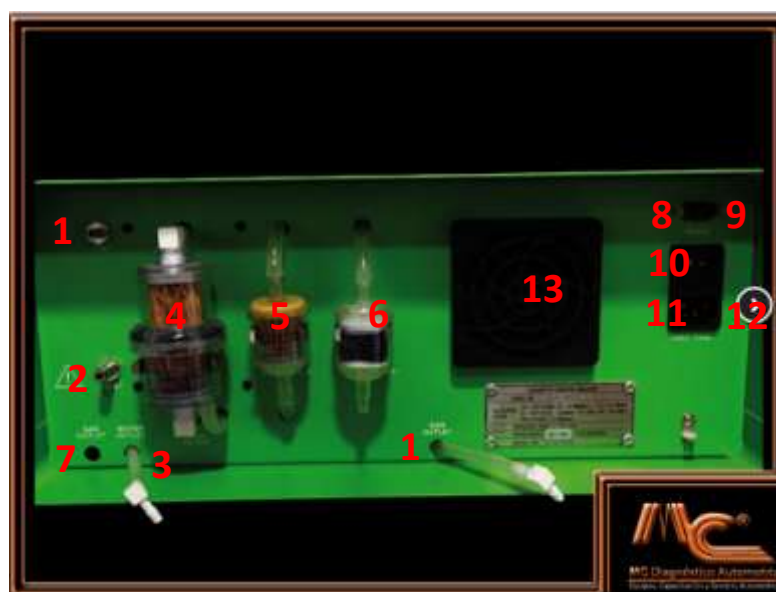


Figura 41 Analizador de gases vista trasera
Fuente: (Comvil, 2015)

Tabla 16
Descripción de panel trasero de analizador

1	CAL (Calibración) Esta es la entrada del gas patrón para la calibración del analizador.
2	INLET Esta es la entrada del gas de medición del vehículo. Para efectuar la medición de los gases es necesario conectar la manguera proveniente del escape en este puerto.
3	SALIDA DEL AGUA Esta es la salida por donde se expulsa el agua contenida en la condensación de los gases de emisión.
4	FILTRO PRINCIPAL Este filtro condensa el vapor contenido en el gas e impide la entrada de otros materiales al interior del analizador al mismo tiempo que el agua y el gas de medición.
5	FILTRO PARA POLVO Este previene la entrada de partículas finas y materiales dentro del analizador en el momento de medición.
6	FILTRO ZERO Este es un filtro de carbón activo para purificar la célula del analizador en el momento de corrección del punto CERO del analizador.
7	SALIDA DEL GAS Esta es la salida de los gases de medición y es el punto donde se añadiría el sensor de NOx.
8	OPCIÓN Este es el terminal donde se conecta una impresora normal de PC.
9	PUERTO RS232 Este es el puerto de comunicación para conexión con un PC para operar el programa.
10	INTERRUPTOR GENERAL Interruptor de encendido/apagado del analizador.
11	CAJA DE FUSIBLE Fusible para prevenir un daño por sobretensión externa.
12	TOMA DE ALIMENTACIÓN
13	VENTILADOR

3.12.5. Guía De Instalación del Analizador de Gases en el Vehículo

1. Ubicar el conector de energía principal en la parte trasera del analizador.
2. Conectar el cable de 3 pines de energía principal a una fuente de corriente alterna de 120 V o fuente de corriente directa DC de 12 V mediante un inversor.



Figura 42 Conexión de cable de energía principal al analizador

3. Presionar el botón de encendido en la parte trasera del analizador.
4. En el display de la parte frontal del analizador se despliega la siguiente información, esta fase es de inicialización del sistema de control.



Figura 43 Pantalla de inicio de analizador

5. A continuación se despliega información de la fecha actual.



Figura 44 Pantalla de inicio con fecha actual en analizador

6. Se inicia la fase de prueba del analizador donde el sistema revisa el estado de los componentes internos como celda electrolítica y módulo NDIR, esperar 5 segundos hasta que el autodiagnóstico se complete y muestre el mensaje PASS.



Figura 45 Autodiagnóstico de analizador

7. Después el analizador entra en fase de calentamiento de celda, este tiempo es de 275 segundos que pueden variar con la temperatura ambiente, mientras menor sea la temperatura, mayor tiempo requerirá el analizador para completar la fase de calentamiento.



Figura 46 Tiempo de calentamiento

8. A continuación de la fase de calentamiento se ejecuta el AUTOCERO o calibrado a cero del analizador, esta fase dura 20 segundos.



Figura 47 Función de Autocero

- Al finalizar este periodo de inicialización, calentamiento y calibración del analizador, el equipo está listo para empezar la medición de gases contaminantes, en el display se muestra el mensaje READY.

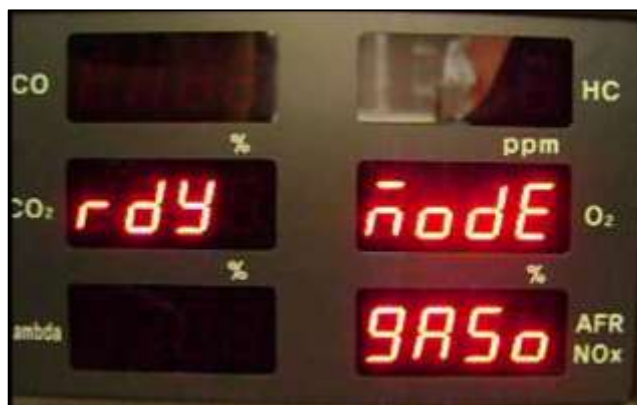


Figura 48 Analizador listo para iniciar medición

NOTA: Es importante recordar que una vez que el analizador se apague o desconecte accidentalmente de la fuente de energía principal, se repetirá el mismo procedimiento de inicialización, calentamiento y calibrado del analizador antes de iniciar la medición de gases. No se debe presionar ninguna tecla de control durante este proceso.

3.12.6. Interfaz de control y visualización

Una vez que el analizador muestra en su display el mensaje READY, el sistema de medición está listo para la recolección y análisis de los gases de escape.

- Insertar la sonda de medición en el tubo de escape del vehículo.



Figura 49 Sonda de medición en tubo de escape

2. Presionar la tecla ENTER de color celeste, se activa la bomba de succión y el sistema de análisis de gases empieza la medición.



Figura 50 Tecla ENTER

3. De forma instantánea se muestra la concentración de gases de acuerdo al tipo respectivo de gas, así también como el cálculo de lambda y relación aire combustible.



Figura 51 Análisis de gases en progreso

El analizador se mantendrá en modo de medición continua durante el tiempo que dure la prueba, para sesiones extensas se recomienda realizar periodos de medición de 8 minutos seguido de un periodo de descanso o purga para evitar saturación y contaminación de la celda electrolítica que en el futuro puede originar resultados erróneos y a largo plazo daño permanente del equipo.

4. Para detener la medición, presionar la tecla ESC de color rojo, de esta forma la bomba de succión se apaga y se suspende la recolección y análisis de gases.



Figura 52 Tecla ESC o STOP

5. Presionar la tecla PURGE de color gris, esta función es muy importante ya que se encarga de eliminar los residuos de gases contaminantes dentro del analizador, en el display se muestra la función actual y el tiempo de espera de 120 segundos.



Figura 53 Función de purga

6. Después del tiempo de purga se ejecuta la función de autocero que dura 20 segundos, una vez que termina esta secuencia se mostrará nuevamente el mensaje READY y el analizador estará listo para una nueva sesión de medición

3.12.7. Ubicación En El Vehículo

Para permitir una conducción libre de distracciones para el estudiante y el instructor, además de un acceso rápido y ergonómico a los equipos de medición se usará el baúl del vehículo, aquí en una base de madera de 92 cm X 56 cm se coloca el analizador de gases junto con la computadora portátil con la conexión de la interfaz ELMSCAN 5 para la medición de consumo de combustible.



Figura 54 Ubicación de equipos de medición

Debido a que el equipo será adaptado para su uso en el vehículo en movimiento es importante que exista la ventilación adecuada para la salida de gases contaminantes hacia el exterior. Para esto se requiere conectar mangueras de extensión de la salida de gases y salida de humedad con un sello firme y hermético.

NOTA: Es de vital importancia que estas mangueras salgan al exterior del habitáculo, de lo contrario se genera una peligrosa situación de contaminación del aire para los ocupantes del vehículo que puede resultar en graves problemas de salud y envenenamiento.

3.12.8. Conexión De Mangueras Y Sonda

Gracias a los taladros de fábrica en la carrocería de la base del baúl, se obtienen salidas para las mangueras de escape de gases y humedad residual del analizador, así también como para la sonda de medición que va ubicada en el tubo de escape del vehículo.

1. Retirar la alfombra de recubrimiento del baúl.
2. Ubicar los tapones de caucho, removerlos con la ayuda de un desarmador.



Figura 55 Ubicación de taladros de fábrica en baúl

3. Recorrer la manguera de la sonda a través del agujero hacia el interior del baúl.
4. Recorrer la manguera de salida de gases del analizador hacia el exterior del baúl
5. Recorrer la manguera de salida de agua del analizador hacia el exterior del baúl.
6. Conectar el extremo de la manguera a la sonda y el otro extremo a la entrada trasera del analizador. Poner atención al sentido del flujo, indicado en el filtro instalado en la manguera. Realizar una buena conexión, de modo que no exista tomas de aire que originarían mediciones falsas en el analizador.
7. Verificar las condiciones de montaje de los filtros y la sonda localizados en la parte trasera del analizador. Si se presentan fugas o roturas de mangueras y acoples se los debe reemplazar.



Figura 56 Conexión de mangueras en analizador de gases

3.13. Conexión De Energía Principal

Para la fuente de energía del analizador, se emplea un inversor de voltaje de 12V DC a 120 V AC, que se conecta a la salida de energía en el habitáculo del vehículo.

3.13.1. Inversor 12 V A 120 V



Figura 57 Inversor de corriente marca Truper 400 W
Fuente: (Linio, 2016)

3.13.2. Generalidades y Especificaciones

Tabla 17
Especificaciones de inversor de corriente

Inversor de corriente dual 400 W TRUPER	
Entrada Tensión	12 V DC
Corriente	40 A
Descarga de acumulador sin carga	<0,5 A (Con entrada de 12 V)
Fusibles	Deslizante de 25 A X 2
Salida Tensión	120 V AC
Frecuencia	60 Hz
Potencia	400 W
Potencia Pico	800 W
Forma de onda	Onda senoidal modificada.

3.14. Captura de datos

3.14.1. Cámaras

Una vez que los equipos de medición han sido acoplados al vehículo, se procede a realizar la captura de datos de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes, así también como el comportamiento del conductor, mediante el uso de cámaras de video sincronizadas con los equipos de medición ubicadas de la siguiente manera:

Tabla 18
Uso de cámaras para captura de datos en tiempo real

Cámara	Objetivo	Figura Representativa
Cámara 1:	Vista global del conductor Paradas Arranques Semáforos e intersecciones	
Cámara 2:	Vista de volante y palanca de cambios. Registro de cambios de velocidad.	
Cámara 3:	Vista de pedales Forma de accionamiento	
Cámara 4:	Display analizador de gases CO CO2 HC O2 λ	

3.14.2. Objetivo del uso de cámaras

El principal objetivo del uso de las cámaras es el registro permanente ininterrumpido de las mediciones de emisiones contaminantes durante el ciclo de conducción real, para luego tener la capacidad de interpretar y correlacionar estos datos en intervalos de tiempo determinados. Además con las imágenes de la cámara de vista global se podrá observar los momentos en los que existen paradas y arranques por semáforos, señales de tránsito y paso de peatones. De esta forma se lograrán observar valores máximo, promedio y mínimo reduciendo la ambigüedad en las lecturas. Finalmente con la cámara de vista de pedales se podrá registrar la forma de accionamiento por parte del conductor para establecer si hay errores que se tomarán en cuenta al momento de realizar el protocolo de conducción eficiente.

3.14.3. Captura de datos de consumo de combustible

Gracias al uso de la interfaz ELMSCAN 5 OBD II junto con la laptop a bordo se puede registrar los datos de consumo de combustible en tiempo real, para esto es necesario instalar el programa CAMTASIA STUDIO, el cuál graba en un archivo de video el contenido mostrado en el display de la laptop.

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS EN CICLO DE CONDUCCIÓN

4.1. Condiciones Iniciales Para La Realización De Pruebas

4.1.1. Temperatura Ambiente

La temperatura ambiente de la ciudad de Latacunga de acuerdo a los servicios de meteorología es de aproximadamente 16 – 18 °C. Con cielo parcialmente nublado.

4.1.2. Hora Del Día

La hora del día se establece en función del horario de clase práctica del estudiante aspirante a la obtención de la licencia profesional. Se lleva a cabo en el horario matutino de 9:00 AM.

4.1.3. Temperatura De Funcionamiento Del Motor

La temperatura de funcionamiento del motor debe ser aquella en que el sistema de refrigeración este en plena operación, es decir cuando el termostato se abre y permite el paso de refrigerante hacia el radiador para realizar el intercambio de calor con el ambiente y se enfríe. Esta temperatura es de 80 °C o superior.

4.1.4. Combustible

El combustible usado por los vehículos de la Escuela de Conducción es gasolina EXTRA de 87 octanos, esto se debe a razones de logística propia de la institución por el menor costo respecto a la gasolina SUPER de 92 octanos. Además se dispone que el tanque de combustible sea llenado a su máxima capacidad previa a la realización de cada prueba, esto con efecto de conservar las mismas condiciones de peso. De acuerdo a cálculos de densidad y volumen se estima que un tanque lleno de combustible pesa aproximadamente 30 Kg. A medida que se consume el combustible, el peso total del vehículo se reduce gradualmente.

4.1.5. Revisión De Vehículo

En general, los estudiantes de la Escuela de Conducción siempre efectúan una revisión visual del vehículo antes de salir a la hora de clase práctica, cabe recalcar que previo a esto el vehículo ya ha cumplido con los criterios de aprobación para la realización de las pruebas, por lo tanto se deben cumplir con los siguientes puntos a revisar:

1. Inspección visual
2. Nivel de fluidos
3. Fluido hidráulico
4. Líquido de frenos
5. Aceite
6. Estado general de carrocería (por golpes o deformaciones).

4.1.6. Medición de presión de aire de neumáticos

De acuerdo a las especificaciones del fabricante, la presión de aire de los neumáticos debe ser de: 32 PSI, de encontrarse una lectura de presión baja, se debe inflar el neumático con la ayuda de un compresor de aire y medir nuevamente.



Figura 58 Medición de presión de aire, llenado de aire, Medida de 32 PSI.

4.1.7. Revisión De Equipos De Medición

Es importante resaltar que los equipos de medición van a estar en constante movimiento y vibración durante la realización de las pruebas de conducción, por lo que después de haber cumplido con la secuencia de instalación, se debe revisar nuevamente los siguientes puntos para asegurar las conexiones, evitando que existan pérdidas de datos y fallas de funcionamiento:

- Conexión eléctrica: Inversor y Analizador de gases.
- Conexión de mangueras: Manguera, desde analizador hasta sonda de captura en el tubo de escape, mangueras de salida de gases.
- Conexión de datos: Interfaz en puerto (OBD II) a computadora (USB)

4.1.8. Sincronización De Cámaras Para Captura De Datos

Con la ayuda del estudiante, instructor y técnico encargado de la prueba se puede sincronizar la activación de las cámaras para que empiecen a capturar los datos, se coordina el inicio de la grabación con una sola de voz de mando.

4.1.9. Vehículo De Seguimiento

Se requiere de un vehículo adicional que sirva de apoyo durante la realización de la prueba, ya que en el automóvil de la escuela de Conducción solo están presentes, el estudiante con su respectivo instructor, junto con los equipos de medición y de captura de datos. En este vehículo está el técnico encargado de la prueba, definiendo intervalos de medición, coordinando la sincronización de cámaras y operación del equipo de medición.

4.1.10. Límites De Velocidad

El límite de velocidad establecido para la circulación de vehículos livianos en la Ley de Tránsito vigente, comprende los siguientes valores:

- Urbano: 50 km/h
- Perimetral: 80 km/h
- Carretera: 100 km/h.

4.2. Secuencia De Instalación De Equipos En El Vehículo

A continuación se describe la secuencia recomendada de instalación de equipos de medición y captura de datos, con los accesorios necesarios para la realización de la prueba. El automóvil debe estar apagado y ubicado en una superficie plana y amplia que permita abrir todas las puertas para obtener un mejor acceso al interior del mismo.

Tabla 19

Lista de equipos y accesorios necesarios para la realización de pruebas

EQUIPOS	ACCESORIOS
Analizador de gases	Inversor de voltaje
Manguera flexible de poliuretano de 6 mm de diámetro	3 Soportes de cámara SONY con ventosa ajustable y tornillo de sujeción de 6 mm.
2 filtros anti polvo	Soporte de cámara Smartphone Samsung S5 mini con espárragos de sujeción.
1 filtro cilíndrico de sonda.	Amarras plásticas.
1 Trampa de agua.	Cinta duct tape.
Cable de conexión eléctrica	
Interfaz	
Extensión USB de 2 m.	
Computador Laptop con conexión USB	

1. Colocar tablas de soporte en el baúl.
2. Reclinar el asiento trasero hacia adelante.
3. Colocar analizador de gases.
4. Colocar laptop.
5. Conectar el inversor de voltaje en el encendedor de cigarrillos en el tablero del vehículo.
6. Conectar el cable de poder del analizador en el inversor de voltaje.



Figura 59 Conexión de inversor de corriente con cable de analizador

7. Conectar la manguera desde analizador hacia la sonda de tubo de escape.
8. Conectar mangueras de salida de gases y exceso de humedad del analizador.
9. Colocar la cámara C1 en el soporte y ubicarla en el centro del parabrisas.
10. Colocar la cámara C2 en el soporte y ubicarla en el extremo derecho superior del parabrisas.



Figura 60 Ubicación de cámara CAM 2 con soporte en parabrisas

11. Colocar la cámara C4 en el soporte y ubicarla entre el soporte de la columna de dirección, detrás del volante.
12. Colocar la cámara C3 en el soporte y ubicarla en la tabla base del analizador de gases.



Figura 61 Ubicación de cámara C3 para analizador de gases

13. Conectar la interfaz al conector OBD II del vehículo.
14. Conectar la interfaz con el computador mediante la extensión USB.

15. Encender el motor.
16. Encender el inversor de voltaje.
17. Encender el analizador.
18. Encender el computador.
19. Ejecutar el programa de control de la interfaz OBD WIZ y seguir procedimiento descrito anteriormente.
20. Ejecutar el programa Camtasia Studio en su opción GRABAR PANTALLA FULL SCREEN.
21. Colocar sonda de medición en tubo de escape.

4.3. Recomendaciones

Las pruebas se realizan en función de la hora clase práctica de acuerdo a la planificación pedagógica de la Escuela de Conducción, por lo que cabe resaltar las siguientes recomendaciones para garantizar la seguridad del estudiante y su instructor, así también como para los peatones.

- Respetar las señales de tránsito, como señalización vertical, semáforos, discos PARE, señalización vertical, pasos cebra.
- Efectuar giros en U con precaución verificando que no existan riesgos de accidentes.
- Respetar al peatón y brindar preferencia de cruce en intersecciones.
- Rebasar con precaución vehículos estacionados a un lado de la calzada.
- Usar las direccionales en cada giro que se realice.
- Usar las luces de emergencia cuando se cumplan las secuencias de muestreo y parada.

4.4. Procedimiento

4.4.1. Secuencia De Muestreo

La secuencia de muestreo es el intervalo de tiempo en el cuál los equipos de medición registran las diferentes lecturas de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes durante la conducción en tiempo real.

Se determina este intervalo en base al analizador de gases, ya que se recomienda que se hagan mediciones de emisiones continuas durante 8 minutos, a continuación, se debe realizar una purga con aire del ambiente, todo esto para evitar la saturación de Hidrocarburos no combustionados y contaminación por humedad en la celda, lo que puede causar fallas en las lecturas obtenidas, así como afectar a la vida útil del analizador de gases.

A continuación se describe la secuencia de muestreo:

Una vez cumplida la secuencia de instalación de equipos en el vehículo:

1. Estudiante e instructor suben al vehículo.
2. Ejecutar opción RESET en programa de control OBDWIZ.
3. Ejecutar opción GRABAR PANTALLA en programa CAMTASIA STUDIO.
4. Presionar la tecla INICIO en el analizador para empezar la medición.
5. Encender las cámaras C1, C2, C3 y C4, coordinar con el estudiante y el instructor el inicio de la grabación en una sola orden.
6. Cerrar baúl de vehículo.
7. Salida de vehículo.

4.4.2. Secuencia De Parada

La secuencia de parada es el intervalo de tiempo en el cuál la medición de gases contaminantes se detiene. Este tiempo está determinado por el intervalo de purga del analizador que se debe hacer a continuación de los 8 minutos de medición continua.

Durante este periodo, el motor del automóvil no se apaga, ya que el inversor de voltaje está supliendo de energía al analizador para realizar la purga de la celda, por lo tanto solo se detiene la medición de gases de escape, mas no de consumo de combustible, la cantidad de combustible que se registre en este tiempo es restada de la cantidad total al finalizar la prueba.

A continuación se describe la secuencia de parada:

1. Con el vehículo de seguimiento, se alerta al estudiante mediante el pito después de los 8 minutos de muestreo.
2. Estudiante se detiene en una zona segura donde no interrumpa el tráfico circundante. No apagar el motor.

3. Abrir el baúl, detener la grabación de las cámaras C1, C2, C3 y C4 coordinando con el estudiante y el instructor al mismo tiempo. Apagar las cámaras para ahorro de batería.
4. Retirar la sonda de medición del tubo de escape.
5. En el analizador de gases, presionar la tecla STOP para detener la medición de gases.
6. Presionar la tecla PURGE, para iniciar el proceso de purga del analizador, esperar el tiempo establecido del equipo de 120 segundos.
7. Mientras se ejecuta el procedimiento de purga, revisar el filtro del mango de la sonda de medición, filtro de polvo y trampa de agua por exceso de humedad, de lo contrario reemplazar con los filtros de respaldo.
8. Al finalizar la purga, colocar la sonda de medición en el tubo de escape.
9. Presionar la tecla INICIO en el analizador para empezar la medición.
10. Encender las cámaras C1, C2, C3 y C4, coordinar con el estudiante y el instructor el inicio de la grabación en una sola orden.
11. Cerrar baúl de vehículo.
12. Salida de vehículo.

4.5. Prueba por cambio de marcha y régimen motor

La prueba por cambio de marcha y régimen de motor es en la que se establece una relación directa entre la velocidad de giro del motor en revoluciones por minuto [RPM] y la velocidad seleccionada por el conductor con la palanca de cambios.

4.5.1. Instrucciones

1. Mantener la velocidad del vehículo y régimen de motor a todo instante.
2. Maniobrar la caja de cambio hasta las 3ra y 4ta velocidad, sin comprometer la velocidad de circulación.
3. En el tramo Urbano - Pendiente en ascenso, detener el vehículo por completo y arrancar nuevamente. Repetir 3 veces.
4. En el tramo urbano de pendiente en descenso, colocar el selector de velocidad en la posición que se ha realizado el ascenso.

4.5.2. A 2000 RPM

El estudiante realiza la hora práctica de su horario de clase junto con su instructor, conduciendo en la ruta de nivel inicial, cambiando de marcha con el motor acelerando hasta 2000 RPM a todo momento hasta la finalización del ciclo de conducción.

4.5.3. A 4000 RPM

El estudiante realiza la hora práctica de su horario de clase junto con su instructor, conduciendo en la ruta de nivel inicial, cambiando de marcha con el motor acelerando hasta 4000 RPM a todo momento hasta la finalización del ciclo de conducción.

4.6. Prueba por nivel de experiencia de conductor

4.6.1. Instrucciones

1. Conducir de manera completamente libre, sin tomar en cuenta el régimen de motor.
2. Mantener la velocidad del vehículo dentro de los límites de velocidad permitidos.
3. Maniobrar la caja de cambio de manera completamente libre, a discreción del conductor.
4. En el tramo Urbano - Pendiente en ascenso, detener el vehículo por completo y arrancar nuevamente. Repetir 3 veces.
5. En el tramo Urbano - Pendiente en descenso, colocar el selector de velocidad en la posición que se ha realizado el ascenso.

4.6.2. Conductor nivel estudiante

El estudiante realiza la hora práctica de su horario de clase junto con su instructor, conduciendo en la ruta de nivel inicial, usando sus propios conocimientos de cambio de marcha y aceleración sin intervención del instructor hasta la finalización del ciclo de conducción.

4.6.3. Conductor nivel profesional

El instructor realiza la hora práctica de su horario de clase junto con su estudiante, conduciendo en la ruta de nivel inicial, usando sus propios conocimientos y protocolos de conducción que se imparten para los alumnos, a manera de demostración, hasta la finalización del ciclo de conducción.

Las pruebas se ejecutan en los vehículos Chevrolet Aveo y Chevrolet Sail respectivamente, siguiendo los mismos pasos descritos en las secuencias anteriores.

4.7. Consolidación de mediciones en video

Una vez completada la medición de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes, se consolida todo este material de investigación en un archivo de video donde se sincroniza toda la evidencia grabada de las cámaras C1, C2, C3 y C4; además de la captura de video de la pantalla del computador que registró la información de la interfaz escáner Elmscan 5 OBD II. Con la ayuda del programa Sony Vegas Pro 12, se pueden cortar, combinar, editar y agregar efectos al video final, procurando que sean visibles y de fácil interpretación para la persona que tenga acceso a dicho material.



Figura 62 Video final Prueba Nivel Profesional Chevrolet Sail

4.7.1. Descripción de elementos en video final por prueba



Figura 63 Descripción de elementos en video final por prueba

Tabla 20

Descripción de elementos en video final por prueba

1	Tiempo en video [s]
2	Prueba actual y vehículo
3	Velocidad de motor [RPM]
4	Temperatura [C]
5	Carga [%]
6	Indicador de Ciclo abierto (Open Loop)
7	Indicador de Ciclo cerrado (Closed Loop)
8	Marcha seleccionada [1,2,3,4,5, Neutro o Retro]
9	Velocidad de vehículo [km/h]
10	Distancia [km]
11	Consumo de combustible total [lt] (FUEL)
12	Consumo por recorrido actual [km/lt] (TRIP)
13	Consumo de recorrido total [km/lt] (TOTAL)
14	Consumo instantáneo [km/lt] (INSTANT)
15	Consumo por hora [lt/h] (FUELH)
16	Concentración de CO [%]
17	Concentración de CO2 [%]
18	Concentración de HC [ppm]
19	Concentración de O2 [0,24]
20	Lambda
21	AFR

4.8. Cálculo de lambda mediante concentración de emisiones de escape

El analizador de gases QROTECH QGA 6000 cuenta con un módulo de cálculo de lambda constante basado en la fórmula de Brettschneider que mide la concentración de CO, HC, CO₂ y O₂ y aplica el porcentaje de H, C y O del vehículo de gasolina. (QROTECH, 2016)

4.8.1. Ecuación de Brettschneider

Esta ecuación es el método estándar utilizado para calcular la relación aire combustible para programas de Inspección y Mantenimiento Vehicular en U.S y a nivel mundial. Fue desarrollada en un paper escrito por el Dr. Johannes Brettschneider para la editorial BOSCH. Establece un método de cálculo de lambda comparando la relación de proporción de moléculas de oxígeno, carbono e hidrógeno en los gases de escape. (Bridge Analyzers Inc., 2016)

$$\lambda = \frac{CO_2 + \frac{CO}{2} + O_2 + \left[\left[\frac{Hcv}{4} * \frac{3,5}{3,5 + \frac{CO}{CO_2}} \right] - \frac{Ocv}{2} \right] * (CO_2 + CO)}{\left[1 + \frac{Hcv}{4} - \frac{Ocv}{2} \right] * [CO_2 + CO + K1 * HC]}$$

Ecuación 5 Ecuación de Brettschneider

Fuente: (QROTECH, 2016), (Bridge Analyzers Inc., 2016)

Donde:

- CO, HC, CO₂ y O₂: Concentración en [%]
- HC: Convertir PPM a % dividiendo para 10000
- K1: Número de átomos de carbono en una molécula de HC seleccionado.
- Es la constante que convierte el valor medido por el sistema Non Dispersed InfraRed (NDIR) en el valor medido Flame Ignite Detect (FID) y se encuentra en la especificación del fabricante del analizador de gases.
- K1=12 para Hexano (Gasolina), 3 para Propano (LPG), 1 para Metano (CNG)
- Hcv: Proporción de H (hidrógeno) a C (carbono) del combustible.
- Ocv: Proporción de O (oxígeno) a C (carbono) del combustible.

Fuente: (QROTECH, 2016), (Bridge Analyzers Inc., 2016)

Tabla 21
Proporción de Carbono e Hidrógeno por tipo de combustible

	Gasolina	GPL	CNG	Alcohol
Hcv	1.8500	2.5000	3.830	3.000
Ocv	0.0000	0.0000	0.000	0.5000
AFR	14.7	15.5	16.9	9.0

Fuente: (QROTECH, 2016)

4.8.2. Ejemplo de cálculo

Se toma como referencia de datos los resultados obtenidos en la prueba por nivel de experiencia del conductor de nivel profesional, cuando el vehículo transita en el tramo urbano.



Figura 64 Captura de pantalla de video - Prueba Nivel Profesional- Chevrolet Sail

Datos:

CO: 0,02
 CO2: 13,6
 HC: 17
 O2: 0,34
 Hcv: 1,85
 Ocv: 0
 K1: 12
 Hexano-Gasolina

Reemplazando los datos en la ecuación:

$$\lambda = \frac{13,6 + \frac{0,02}{2} + 0,34 + \left[\left[\frac{1,85}{4} * \frac{3,5}{3,5 + \frac{0,02}{13,6}} \right] - \frac{0}{2} \right] * (13,6 + 0,02)}{\left[1 + \frac{1,85}{4} - \frac{0}{2} \right] * [13,6 + 0,02 + 12 * (17/10000)]}$$

$$\lambda = 1,015$$

$$AFR = 14,9$$

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Revisión técnica mecánica

5.1.1. Informe técnico Chevrolet Sail y Chevrolet Aveo

El vehículo CHEVROLET SAIL 4P STANDARD con placas XEA0779 y el vehículo CHEVROLET AVEO FAMILY 4P STANDARD con placas XEA0807, pertenecientes a la Escuela de Conducción Profesional Espe Latacunga, fueron sometidos a una revisión técnica mecánica, previa a la realización de las pruebas del proyecto de investigación en mención, a continuación se detalla el informe final del estado mecánico de ambos automotores.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

De acuerdo al Registro de Servicio de la institución, en el vehículo CHEVROLET SAIL, se han efectuado 2 cambios de aceite y filtro respectivamente, cada 5000 Km con aceite 10W30; mientras que en el vehículo CHEVROLET AVEO, se han efectuado 9 cambios de aceite y filtro respectivamente cada 5000 Km con aceite 10W30 de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Además no se han presentado eventos de sobrecalentamiento, fallas eléctricas, ruidos extraños o comportamiento indeseado durante la conducción.

MOTOR

El motor y sus partes constitutivas no presentan daño alguno, no existen roturas, grietas, golpes o fugas que puedan indicar algún elemento defectuoso, mediante la medición de compresión por cilindro y medición de vacío, se concluye que el motor de ambos vehículos no presenta señales de desgaste irregular o mal funcionamiento de ningún tipo. Ruido y funcionamiento completamente normal.

SISTEMA ELÉCTRICO

La batería registra una medida de voltaje normal, las bujías presentan una coloración normal, no existen depósitos de carbonilla o señales de fallas de encendido. La revisión de fusibles no revela conexiones en corto o abiertas y no se presentan problemas eléctricos de ningún tipo.

SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN

Todos los elementos constitutivos del sistema de suspensión y dirección de ambos vehículos presentan condiciones normales, no existen deformaciones geométricas, corrosión, fisuras o fugas que puedan afectar el comportamiento del vehículo durante su funcionamiento.

LLANTAS Y NEUMÁTICOS

Los neumáticos no presentan desgaste inequitativo en la banda de rodadura, tampoco presentan señales de desgaste excesivo, cortes o irregularidades, los aros de la misma manera no presentan señales de golpes o deformaciones.

TAREAS REALIZADAS




Se realizan solo tareas de limpieza como son: ABC motor, ABC frenos e inflado de neumáticos.

De acuerdo a los hallazgos encontrados mediante los tests de diagnóstico y medición así también como inspección visual de los vehículos en mención, se determina que se encuentran en excelente estado mecánico, no presentan señales de desgaste excesivo en ninguno de sus sistemas que puedan perjudicar el funcionamiento adecuado de ambos automotores.

5.1.2. Detalle puntos de revisión Chevrolet Sail

Tabla 22

Detalle puntos de revisión Chevrolet Sail

REVISIÓN TÉCNICA MECÁNICA	
Datos del vehículo	
Marca	Chevrolet
Modelo	Sail STD 4P
Tipo	Sedán
Cilindrada	1400 cc
# Cilindros	4
Año	2015
Color	Plata
Placa	XEA0779
Kilometraje	14171 Km
 	
<p>Orientación</p> 	

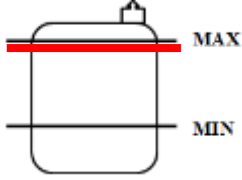

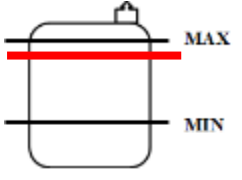

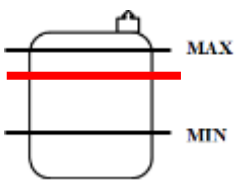





Observaciones

Registro de mantenimiento preventivo en libro de control.

Cambios de aceite y filtro cada 5000 Km con aceite 10W30.








Cambio de filtro de combustible a los 10113 Km.

ÍTEMES DE REVISIÓN


INSPECCIÓN DE FLUIDOS					
#	ÍTEM	NIVEL	Observaciones	Fotografía	
1	Revisión nivel de refrigerante		Color rojizo. Aspecto normal sin impurezas. Nivel normal. Tapa y recipiente sin fisuras o fugas.		
2	Revisión nivel líquido hidráulico		Aspecto normal sin impurezas. Nivel normal. Tapa y recipiente sin fisuras o fugas.		
3	Revisión nivel líquido de frenos		Aspecto normal sin impurezas. Nivel normal. Tapa y recipiente sin fisuras o fugas.		
4	Revisión nivel aceite motor		Aspecto normal sin impurezas. Nivel normal.		
5	Revisión nivel líquido de batería	Nivel normal, sobre placas.			
MOTOR					
6	Compresión	Presión [PSI]		Nivel de compresión normal, cilindro #3 con variación de 3% respecto a los demás.	
		#1	#2		
		160	155		
		#3	#4		
		155	160		

CONTINÚA









7	Vacío	Presión [mmHg]	Nivel de medición de vacío normal, sin vibración de aguja.	
		En ralentí		
		14		
		Aceleración progresiva		
		10-15		
Aceleración brusca	0-20			
8	Filtro de aire	Filtro contaminado, se reemplaza por uno nuevo.		
9	Filtro de combustible	No existen fugas ni roturas.		
10	Múltiple de admisión	No existen fugas ni roturas. Se realiza limpieza de cuerpo de aceleración		
11	Tubería de depurador	No existen fugas ni roturas. Se realiza limpieza junto con cuerpo de aceleración.		
12	Múltiple de escape	No existen fugas ni roturas.		
13	Tubería de escape	No existen fugas, roturas o golpes.		



14	Banda de accesorios	No existen roturas o grietas.		
15	Radiador	No existen fugas, roturas o golpes.		
16	Mangueras de refrigerante	No existen fugas, roturas o golpes		
SISTEMA ELÉCTRICO				
17	Batería	V Apagado [V]	Voltaje normal	
		12,55		
		V Carga [V]		
		14,15		
18	Bujía cilindro #1	SEPARACIÓN [mm]	Observaciones Bujías de aspecto normal, no existen depósitos de carbonilla, se realiza limpieza y calibración.	 
		1		
	Bujía cilindro #2	SEPARACIÓN [mm]		
		1		
	Bujía cilindro #3	SEPARACIÓN [mm]		
		1		
	Bujía cilindro #4	SEPARACIÓN [mm]		
		1		
19	Fusibles	Buen estado, no existen fusibles en conexión abierta.		





CONTINÚA



SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN			
20	Amortiguadores	No existen evidencias de fugas o golpes.	
21	Espirales	No existen roturas, corrosión o deformaciones.	
22	Guardapolvos	No existen roturas.	
23	Mesas	No existen fisuras, corrosión o deformaciones.	
24	Rótulas	No existen fisuras, corrosión o deformaciones, juego nulo	
25	Varillaje dirección	No existen fisuras, corrosión o deformaciones, juego nulo	




CONTINÚA



LLANTAS Y NEUMÁTICOS					
26	Neumáticos	PRESIÓN [PSI]		Baja presión de neumáticos, se realiza inflado a 32 PSI.	
		#1	#2		
		25	26		
		#3	#4		
		25	27	Labrado con desgaste equitativo en todos los neumáticos	
		LABRADO [mm]			
		#1	#2		
		6	7		
		#3	#4	Neumáticos con tiempo de uso de 2 años 10 semanas.	
		7	7		
		SEMANA			
		16	AÑO		
2014					
27	Aros	Raspones varios, no hay evidencia de golpes o deformaciones.			

5.1.3. Detalle puntos de revisión Chevrolet Aveo

Tabla 23
Detalle puntos de revisión Chevrolet Aveo

REVISIÓN TÉCNICA MECÁNICA	
Datos del vehículo	
Marca	Chevrolet
Modelo	Aveo Family STD 4P
Tipo	Sedán
Cilindrada	1500 cc
# Cilindros	4
Año	2013
Color	Plata
Placa	XEA0807
Kilometraje	47282 Km
 	
<p>Orientación</p> 	

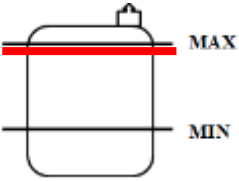

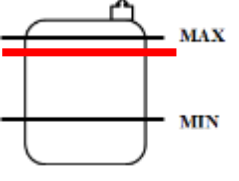

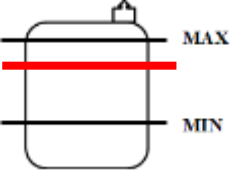




Observaciones


Registro de mantenimiento preventivo en libro de control.

Cambios de aceite y filtro cada 5000 Km con aceite 10W30.



Cambio de filtro de combustible a los 42113 Km.

ÍTEMES DE REVISIÓN

INSPECCIÓN DE FLUIDOS				
#	ÍTEM	NIVEL	Observaciones	Fotografía
1	Revisión nivel de refrigerante		Color rojizo. Aspecto normal sin impurezas. Nivel normal. Tapa y recipiente sin fisuras o fugas.	
2	Revisión nivel líquido hidráulico		Aspecto normal sin impurezas. Nivel normal. Tapa y recipiente sin fisuras o fugas.	
3	Revisión nivel líquido de frenos		Aspecto normal sin impurezas. Nivel normal. Tapa y recipiente sin fisuras o fugas.	
4	Revisión nivel aceite motor		Aspecto normal sin impurezas. Nivel normal.	
5	Revisión nivel líquido de batería	Nivel normal, sobre placas.		

MOTOR					
6	Compresión	Presión [PSI]		Nivel de compresión normal, cilindro #3 con variación de 3% respecto a los demás.	
		#1	#2		
		155	155		
		#3	#4		
		150	155		

CONTINÚA 

7	Vacío	Presión [mmHg]	Nivel de medición de vacío normal. No se presenta vibración de aguja	
		En ralentí		
		14		
		Aceleración progresiva		
		11-16		
		Aceleración brusca		
0-16				
8	Filtro de aire	Filtro contaminado, se reemplaza por uno nuevo.		
9	Filtro de combustible	No existen fugas ni roturas.		
10	Múltiple de admisión	No existen fugas ni roturas. Se realiza limpieza de cuerpo de aceleración		
11	Tubería de depurador	No existen fugas ni roturas. Se realiza limpieza junto con cuerpo de aceleración.		
12	Múltiple de escape	No existen fugas ni roturas.		

CONTINÚA 

13	Tubería de escape	No existen fugas, roturas o golpes.		
14	Banda de accesorios	No existen roturas o grietas.		
15	Radiador	No existen fugas, roturas o golpes.		
16	Mangueras de refrigerante	No existen fugas, roturas o golpes		
SISTEMA ELÉCTRICO				
17	Batería	V Apagado [V]	Voltaje normal	
		12,55		
		V Carga [V]		
		14,31		






CONTINÚA





18	Bujía cilindro #1	SEPARACIÓN [mm]		Observaciones Bujías de aspecto normal, no existen depósitos de carbonilla, se realiza limpieza y calibración.	 
		0,8			
	Bujía cilindro #2	SEPARACIÓN [mm]			
		0,8			
	Bujía cilindro #3	SEPARACIÓN [mm]			
		0,8			
	Bujía cilindro #4	SEPARACIÓN [mm]			
		0,8			
19	Cables de bujía	RESISTENCIA [KOhm]		Cables no presentan grietas o daños en la cubierta de protección.	
		#1	#2		
		4,5	3,9		
		#3	#4		
		3,7	2,4		
	Longitud [mm]		Contactos limpios y no presentan deformaciones. Relación entre resistencia y longitud normal		
	#1	#2			
	360	290			
#3	#4				
225	100				
20	Fusibles	Buen estado, no existen fusibles en conexión abierta.		 	
SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN					
21	Amortiguadores	No existen evidencias de fugas o golpes.			



CONTINÚA



22	Espirales	No existen roturas, corrosión o deformaciones.	
23	Guardapolvos	No existen roturas.	
24	Mesas	No existen fisuras, corrosión o deformaciones.	
25	Rótulas	No existen fisuras, corrosión o deformaciones, juego nulo	
26	Varillaje dirección	No existen fisuras, corrosión o deformaciones, juego nulo	

LLANTAS Y NEUMÁTICOS

27	Neumáticos	PRESIÓN [PSI]		Baja presión de neumáticos, se realiza inflado a 32 PSI.	
		#1	#2		
		27	25		
		#3	#4		
		LABRADO [mm]		Labrado con desgaste equitativo en todos los neumáticos	
		#1	#2		
		4,75	4		
		#3	#4		
		4,5	4		

		SEMANA	Neumáticos con tiempo de uso de 3 años 12 semanas.	
		22		
		AÑO		
		2013		
28	Aros	Raspones varios, no hay evidencia de golpes o deformaciones.		

5.2. Revisión con escáner Obd II

5.2.1. Chevrolet Sail



Figura 65 Pantalla de G-Scan en modo de código de problema diagnóstico

No se detectaron códigos de falla almacenados en la memoria, no se presentan códigos de falla durante el funcionamiento del motor en ralentí.

5.2.2. Chevrolet Aveo

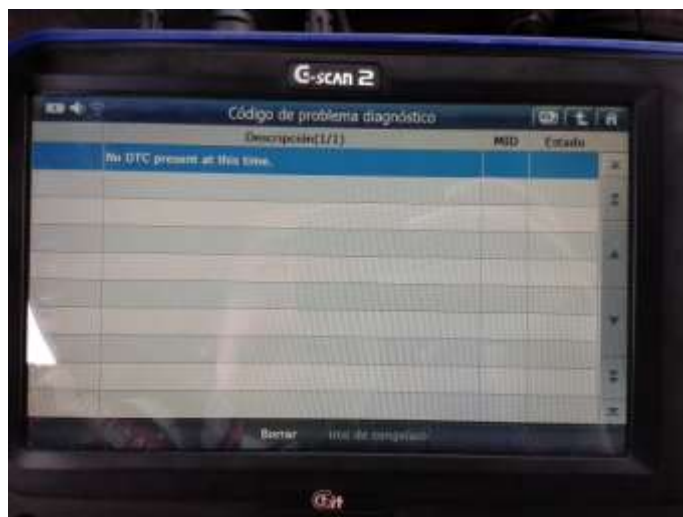


Figura 66 Pantalla de G-Scan en modo de código de problema diagnóstico

No se detectaron códigos de falla almacenados en la memoria, no se presentan códigos de falla durante el funcionamiento del motor en ralentí.

5.3. Medición de emisiones contaminantes en prueba estática

5.3.1. Chevrolet Sail

		ESPE			
		LATACUNGA		Email:	
		Tel: 0000000			
DATOS DEL CLIENTE			DATOS DEL VEHICULO		
NOMBRE:	ESCUELA DE CONDUCCION ESP		PLACA:	XEA0779	
APELLIDO:	NESTOR ROMERO		MARCA:	CHEVROLET	
IDENTIFICACION:			MOTOR:	COMBUSTIBLE: GASOLINA	
DISPOSITIVO:	COD001		VIN:	8LAUY5275F0269576	
DATOS DE LA PRUEBA					
RALENTI			CRUCERO		
RESULTADOS		NORMA	RESULTADOS		NORMA
HC:	18.00	HC LIMITE:	100.00	ppm	
CO:	0.03	CO LIMITE:	2.00	%	
CO2:	14.26	CO2 MINIMO:	7.00	%	
O2:	0.08	O2 MAXIMO:	5.00	%	
RPM:	806	RPM MIN:	500	rpm	
TEMP:	0	TEMP MIN:	0.00	°	
RESULTADO APROBADA			RESULTADO APROBADA		
FECHA DE LA PRUEBA:			RESULTADO GENERAL: APROBADA		
2/22/2016 12:20:55PM					

Figura 67 Informe emisiones contaminantes en prueba estática Chevrolet Sail

En referencia a los límites máximos permitidos para fuentes móviles de la norma NTE INEN 2204 y los valores máximos permitidos para la revisión vehicular del distrito metropolitano de Quito, se determina que el motor del vehículo emite una concentración de gases contaminantes dentro de los niveles normales para su segmento.

5.3.2. Chevrolet Aveo

<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 40px; margin-bottom: 5px;"></div> ESPE LATACUNGA Tel: 0000000		Email:	
DATOS DEL CLIENTE NOMBRE: ESCUELA DE CONDUCCION ESP APELLIDO: ROMERO NESTOR IDENTIFICACION: DISPOSITIVO: COD001		DATOS DEL VEHICULO PLACA: XEA0807 MODELO: 2013 MARCA: CHEVROLET LINEA: AVEO FAMILY 4P MOTOR: COMBUSTIBLE: GASOLINA VIN: 8LATD51Y4D0191743	
DATOS DE LA PRUEBA			
RALENTI		CRUCERO	
RESULTADOS	NORMA	RESULTADOS	NORMA
HC: 14.00	HC LIMITE: 100.00 ppm	HC: 47.00	HC LIMITE: 100.00 ppm
CO: 0.01	CO LIMITE: 2.00 %	CO: 0.04	CO LIMITE: 2.00 %
CO2: 14.26	CO2 MINIMO: 7.00 %	CO2: 13.90	CO2 MINIMO: 7.00 %
O2: 0.14	O2 MAXIMO: 5.00 %	O2: 0.56	O2 MAXIMO: 5.00 %
RPM: 1,006	RPM MIN: 500 rpm	RPM: 2,504	RPM MIN: 2,000 rpm
TEMP: 0	TEMP MIN: 0.00 °	TEMP: 0	TEMP MIN: 0.00 °
RESULTADO APROBADA		RESULTADO APROBADA	
FECHA DE LA PRUEBA: 2/15/2016 10:17:37AM		RESULTADO GENERAL: APROBADA	

Figura 68 Informe emisiones contaminantes en prueba estática Chevrolet Aveo

En referencia a los límites máximos permitidos para fuentes móviles de la norma NTE INEN 2204 y los valores máximos permitidos para la revisión vehicular del distrito metropolitano de Quito, se determina que el motor del vehículo emite una concentración de gases contaminantes dentro de los niveles normales para su segmento.


5.4. Resultados obtenidos de la realización de las pruebas

5.5. Consumo de combustible

4.6. Chevrolet Sail

Tabla 24

Consumo de combustible total Chevrolet Sail

	PRUEBA POR CAMBIO DE MARCHA		PRUEBA POR NIVEL DE EXPERIENCIA DE CONDUCTOR	
	CONSUMO	A 2000 RPM	A 4000 RPM	NIVEL ESTUDIANTE
TOTAL [lt]	1,41	1,62	1,63	1,46

5.6.1. Consumo de combustible en litros

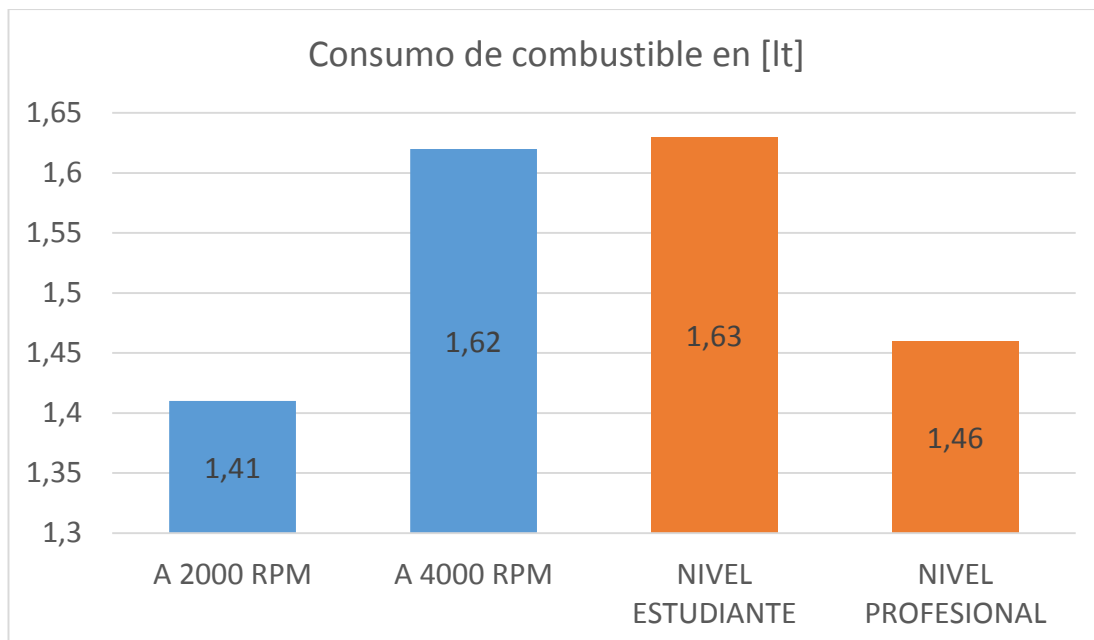


Figura 69 Consumo de combustible total en litros Chevrolet Sail

La Figura 69 representa el consumo de combustible total en litros, comparando los resultados de las pruebas de cambio de marcha a distinto régimen motor y de nivel de experiencia de conductor.

La menor cantidad de combustible consumido se obtiene al realizar el cambio de marcha a 2000 RPM, con un total de 1,41 lt.

La mayor cantidad de combustible consumido se registra en la prueba de nivel de experiencia estudiante con 1,63 lt.

En la prueba de cambio de marcha a 4000 RPM se registra una cantidad de combustible consumido de 1,62 lt, en comparación a la prueba de nivel estudiante, no existe una variación significativa por lo que se determina que en ambas pruebas se consume la misma cantidad de combustible.

En la prueba de nivel de experiencia profesional se registra una cantidad de combustible consumido de 1,46 lt.; junto con la prueba a 2000 RPM, se obtienen las cantidades más bajas de combustible consumido de la totalidad de las pruebas realizadas.

5.6.2. Consumo de combustible en porcentaje

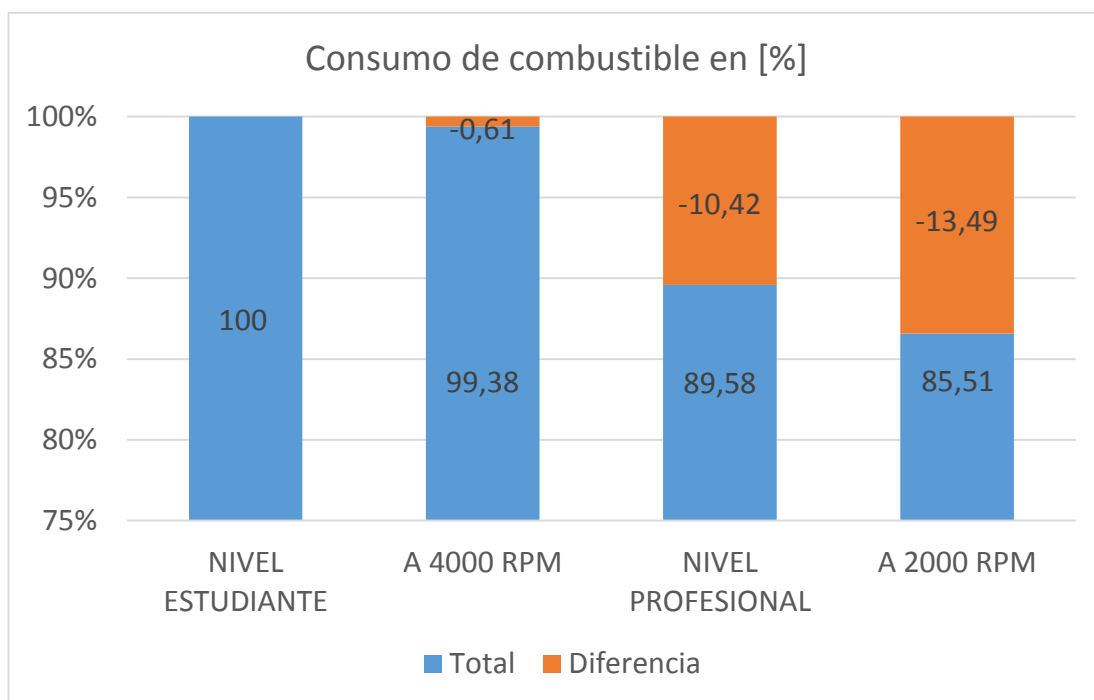


Figura 70 Consumo de combustible total en porcentaje Chevrolet Sail

La Figura 70 representa el consumo de combustible total en porcentaje de mayor a menor, comparando los resultados de las pruebas de cambio de marcha a distinto régimen motor y de nivel de experiencia de conductor.

Al tomar como referencia del porcentaje total a la mayor cantidad de combustible consumido en la prueba de nivel de estudiante, se determinan las siguientes cantidades de reducción de consumo total:


El menor porcentaje de reducción de combustible se registra en la prueba por nivel de experiencia profesional con 10,42 % respecto a la prueba por nivel de experiencia de estudiante.

El mayor porcentaje de reducción de combustible se registra en la prueba por cambio de marcha a 2000 RPM con 13,49 % respecto a la prueba por nivel de experiencia de estudiante.

Respecto a la prueba a 4000 RPM existe una reducción de consumo con 0,06 %, esta ínfima cantidad no representa una variación significativa por lo que se determina que en ambas pruebas se consume la misma cantidad de combustible.

5.7. Chevrolet Aveo

Tabla 25
Consumo de combustible total Chevrolet Aveo

	PRUEBA POR CAMBIO DE MARCHA		PRUEBA POR NIVEL DE EXPERIENCIA DE CONDUCTOR	
	A 2000 RPM	A 4000 RPM	NIVEL ESTUDIANTE	NIVEL PROFESIONAL
CONSUMO TOTAL [lt]	1,56	1,93	1,76	1,63

5.7.1 Consumo de combustible en litros

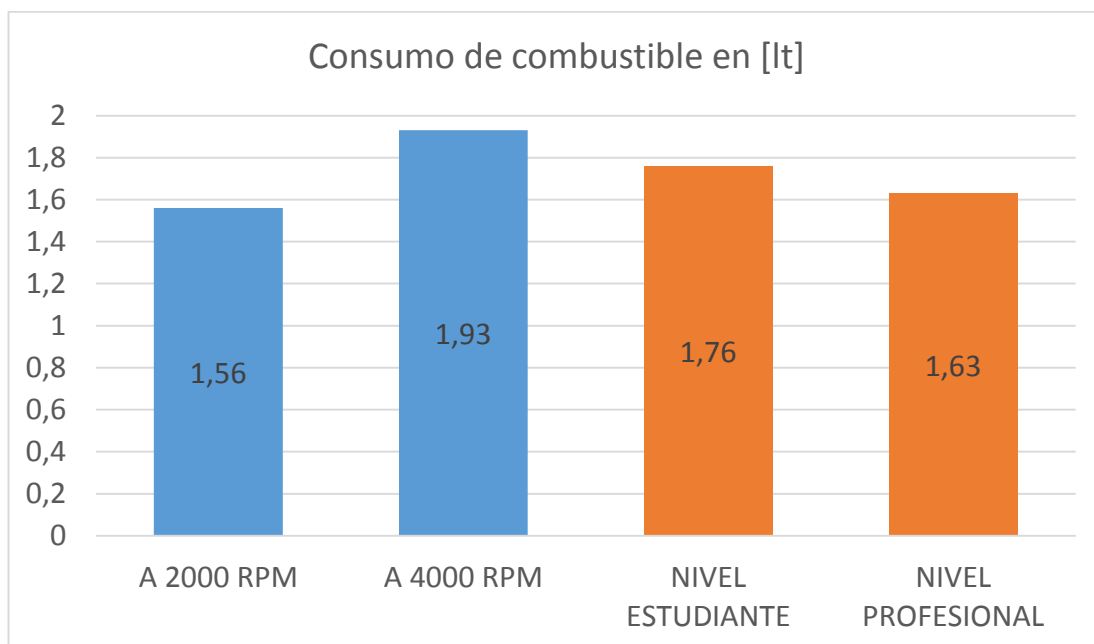


Figura 71 Consumo de combustible total en litros Chevrolet Aveo

La Figura 71 representa el consumo de combustible total en litros, comparando los resultados de las pruebas de cambio de marcha a distinto régimen motor y de nivel de experiencia de conductor.

La menor cantidad de combustible consumido se obtiene al realizar el cambio de marcha a 2000 RPM, con un total de 1,56 lt.

La mayor cantidad de combustible consumido se obtiene al realizar el cambio de marcha a 4000 RPM, con un total de 1,93 lt.

En la prueba de nivel de experiencia de estudiante se registra una cantidad de combustible consumido de 1,76 lt; junto con la prueba a 4000 RPM, se obtienen las cantidades más altas de combustible consumido de la totalidad de las pruebas realizadas.

En la prueba de nivel de experiencia profesional se registra una cantidad de combustible consumido de 1,63 lt.; junto con la prueba a 2000 RPM, se obtienen las cantidades más bajas de combustible consumido de la totalidad de las pruebas realizadas.

5.7.2 Consumo de combustible en porcentaje

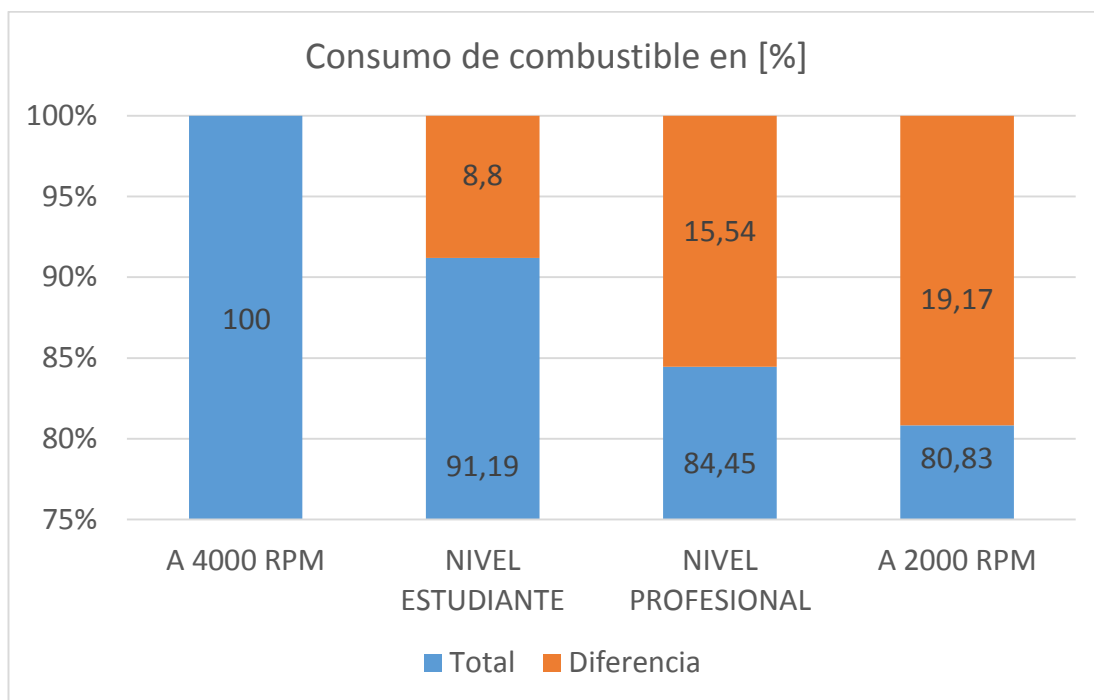


Figura 72 Consumo de combustible total en porcentaje Chevrolet Aveo

La Figura 72 representa el consumo de combustible total en porcentaje de mayor a menor, comparando los resultados de las pruebas de cambio de marcha a distinto régimen motor y de nivel de experiencia de conductor.

Al tomar como referencia del porcentaje total a la mayor cantidad de combustible consumido en la prueba por cambio de marcha a 4000 RPM, se determinan las siguientes cantidades de reducción de consumo total:

El menor porcentaje de reducción de combustible se registra en la prueba por nivel de experiencia de estudiante con 8,8 % respecto a la prueba por cambio de marcha a 4000 RPM.

El mayor porcentaje de reducción de combustible se registra en la prueba por cambio de marcha a 2000 RPM con 19,17 % respecto a la prueba por nivel de experiencia de estudiante. Respecto a la prueba de nivel de conductor profesional existe una reducción de consumo con 15,54 %, esta cantidad se ubica entre el porcentaje de la prueba por nivel de experiencia de estudiante y la prueba por cambio de marcha a 2000 RPM.

5.8 Comparativo entre vehículos

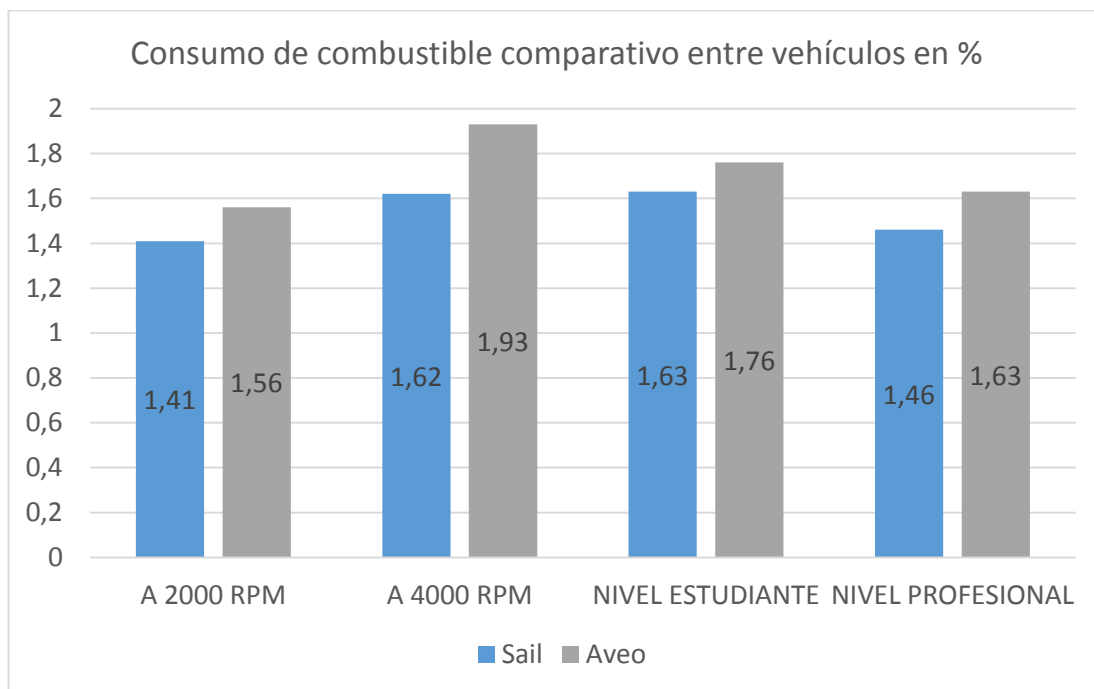


Figura 73 Consumo de combustible comparativo entre vehículos

La Figura 73 representa el consumo de combustible total en litros, haciendo una comparación entre los vehículos usados para la investigación de acuerdo a las pruebas por cambio de marcha y nivel de experiencia del conductor.

A primera vista se destaca una mayor cantidad de combustible consumido por el motor del vehículo Chevrolet Aveo a lo largo de la realización de las pruebas, mientras que las mediciones de consumo del Chevrolet Sail son evidentemente menores.

En la prueba por cambio de marcha a 2000 RPM, el vehículo Chevrolet Aveo registra 0,15 lt. más que el vehículo Chevrolet Sail, lo que representa un incremento de consumo de combustible de 9,61 %.

En la prueba por cambio de marcha a 4000 RPM, el vehículo Chevrolet Aveo registra 0,31 lt. más que el vehículo Chevrolet Sail, lo que representa un incremento de consumo de combustible de 16,06 %.

En la prueba por nivel de experiencia de estudiante, el vehículo Chevrolet Aveo registra 0,13 lt. más que el vehículo Chevrolet Sail, lo que representa un incremento de consumo de combustible de 7,38 %.

En la prueba por nivel de experiencia profesional, el vehículo Chevrolet Aveo registra 0,17 lt. más que el vehículo Chevrolet Sail, lo que representa un incremento de consumo de combustible de 10,42 %.

La cantidad promedio de incremento de consumo de combustible del vehículo Chevrolet Aveo respecto del vehículo Chevrolet Sail es de 10,86 %.

5.9 Emisión de gases contaminantes

5.9.1 Chevrolet Sail

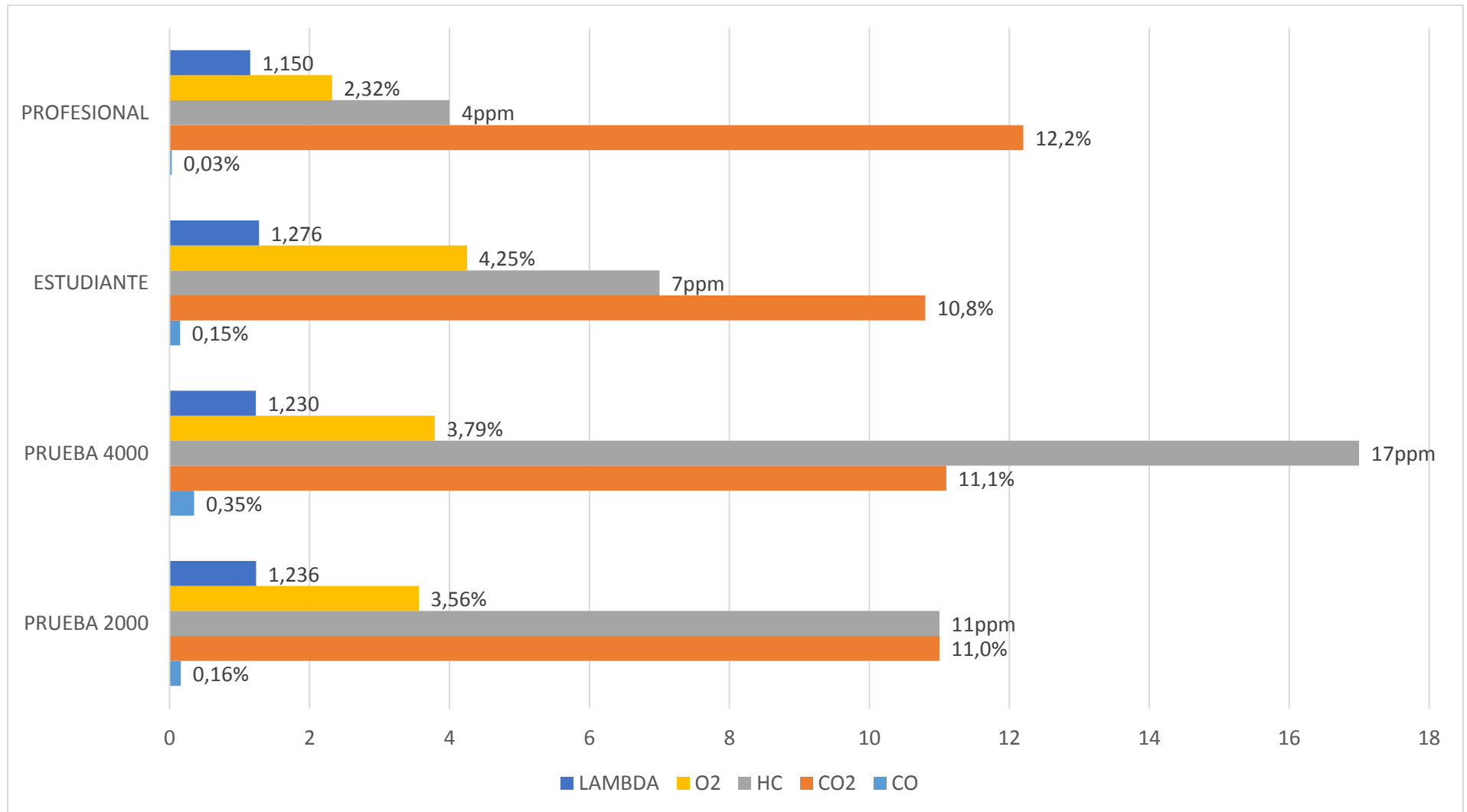


Figura 74 Concentración promedio total de emisiones Chevrolet Sail

La Figura 74 muestra la concentración promedio total de emisiones de gases contaminantes y cálculo de lambda obtenidos durante la realización de pruebas por cambio de marcha a 2000 y 4000 RPM; por nivel de experiencia del conductor de nivel estudiante y nivel profesional en el vehículo Chevrolet Sail.

Se observa que la mayor concentración promedio general se obtuvo en la prueba por cambio de marcha a 4000 RPM, con los siguientes valores: (CO) 0,35%; (CO₂) 11,1%; (HC) 17 ppm; (O₂) 3,79%; estas elevadas lecturas conllevan a que el cálculo de lambda también tenga la mayor variación respecto a la mezcla estequiométrica con un valor de 1,230.

La menor concentración promedio general se obtuvo en la prueba por nivel de experiencia de conductor profesional con los siguientes valores: (CO) 0,03%; (CO₂) 12,2%; (HC) 4 ppm; (O₂) 2,32%; estas bajas lecturas conllevan a que el cálculo de lambda también tenga la menor variación respecto a la mezcla estequiométrica con un valor de 1,150.


5.9.2 Análisis por tipo de gas

a. Concentración de Monóxido de Carbono CO

Se expresa la concentración de monóxido de carbono de mayor a menor por tipo de prueba: A 4000 RPM: 0,35%; a 2000 RPM: 0,16%; nivel estudiante: 0,15% y nivel profesional con 0,03%.

Tabla 26
Concentración de CO

CO	
A 4000 RPM	0,35%
A 2000 RPM	0,16%
NIVEL ESTUDIANTE	0,15%
NIVEL PROFESIONAL	0,03%



En relación a la teoría expresada en el capítulo 2, se determina que existe un aumento de concentración de CO cuando se presenta un entorno de combustión con ausencia de oxígeno como resultado de una mezcla aire combustible rica, es decir cuando

lambda es menor a la unidad. Las condiciones donde se presenta esta situación en funcionamiento normal son:

- Durante el aumento de requerimiento de energía bajo condiciones de alta carga (Control de lambda en ciclo abierto).
- Alto régimen de motor que produce mayor pérdidas por fricción y consumo de potencia de sistemas auxiliares.
- Barrido de mezcla durante el traslape

En contraste se evidencia una reducción de concentración de CO cuando el motor está dentro de la temperatura de funcionamiento a ralentí o velocidad crucero, porque el régimen motor se mantiene por debajo de las 4000 RPM, de forma que existe el oxígeno suficiente disponible durante la combustión para completar la reacción de oxidación con los átomos de carbono a bajo régimen de motor.


Comparando la mayor medición de CO obtenida en la prueba a 4000 RPM, con las demás pruebas se evidencia un incremento porcentual promedio de 67,61% como resultado de conducir con los aspectos inherentes de este tipo de conducción descritos anteriormente.

b. Concentración de hidrocarburos no combustionados

Se expresa la concentración de monóxido de carbono de mayor a menor por tipo de prueba: A 4000 RPM: 17 ppm; a 2000 RPM: 11 ppm; nivel estudiante: 7 ppm y nivel profesional con 4 ppm.

Tabla 27
Concentración de HC

HC	
A 4000 RPM	17 ppm
A 2000 RPM	11 ppm
NIVEL ESTUDIANTE	7 ppm
NIVEL PROFESIONAL	4 ppm



En relación a la teoría expresada en el capítulo 2, se determina que existe un aumento de concentración de HC cuando se presenta un entorno donde la combustión es incompleta y partículas de hidrocarburos del combustible no son oxidados con partículas de oxígeno durante la carrera de trabajo o expansión. Las condiciones donde se presenta esta situación en funcionamiento normal son:

- Extinción de frente de llama (inherente al diseño del motor).
- Alto régimen de motor que produce mayor barrido de mezcla durante traslape

En contraste se evidencia una reducción de concentración de HC cuando el régimen de motor se mantiene bajo las 4000 RPM.


Comparando la mayor medición de HC obtenida en la prueba a 4000 RPM, con las demás pruebas se evidencia un incremento porcentual promedio de 56,86% como resultado de conducir con los aspectos inherentes de este tipo de conducción descritos anteriormente.

c. Concentración de Dióxido de carbono CO₂

Se expresa la concentración de dióxido de carbono de mayor a menor por tipo de prueba: Nivel profesional: 12,2%; A 4000 RPM: 11,1%; A 2000 RPM; 11,0% y nivel estudiante con 10,8%

Tabla 28
Concentración de CO₂

CO ₂	
NIVEL PROFESIONAL	12,2%
PRUEBA A 4000	11,1%
PRUEBA A 2000	11,0%
NIVEL ESTUDIANTE	10,8%



En relación a la teoría expresada en el capítulo 2, la concentración de dióxido de carbono es un indicativo proporcional de la regulación de mezcla aire combustible, como regla general se dice que mientras mayor sea la cantidad de CO₂ generada, más eficiente es la combustión y por tanto la operación del motor. Por lo tanto se deduce


que al existir una variación significativa en la relación aire combustible provocará que la concentración de CO₂ disminuya.

De acuerdo a este criterio, en la prueba de nivel profesional se alcanzó la mayor eficiencia de combustión con una concentración de CO₂ de 12,2%, mientras que la menor eficiencia se alcanzó en la prueba de nivel estudiante con una concentración de 10,88%.

d. Concentración de Oxígeno residual O₂ y Lambda

Se expresa la concentración de oxígeno residual y cálculo de lambda de mayor a menor por tipo de prueba:

Tabla 29
Concentración de O₂ y Lambda

	O ₂	λ	
NIVEL ESTUDIANTE	4,25%	1,276	
A 4000 RPM	3,79%	1,230	
A 2000 RPM	3,56%	1,222	
NIVEL PROFESIONAL	2,32%	1,150	

En relación a la teoría expresada en el capítulo 2, la concentración de oxígeno provee una buena indicación de un motor funcionando con mezcla pobre, generalmente hablando el contenido de O₂ es el opuesto de contenido de CO que indica mezcla enriquecida. Además se conoce la intrínseca relación entre la concentración de O₂ y el cálculo de la relación aire combustible o lambda, que adquiere valores superiores a la unidad cuando se presenta una mezcla pobre. Las condiciones donde se presenta esta situación en funcionamiento normal son:

- Efecto de formación de mezcla por inyección en múltiple de admisión debido a demanda de alto torque y altas velocidades del motor. Lambda es situado usualmente igual o superior en valores inmediatos de $\lambda=1$.
- Alto régimen de motor que produce mayor barrido de mezcla durante traslape.

En forma análoga, la variación de lambda indica la proporción en que la mezcla aire combustible se ha mantenido cerca a la mezcla estequiométrica durante el

funcionamiento del motor, mientras menor sea esta variación, se alcanzan las menores concentraciones de emisiones de CO, HC y O₂, mientras que la concentración de CO₂ aumenta siendo un indicador de que la combustión es más eficiente.

5.9.3 Chevrolet Aveo

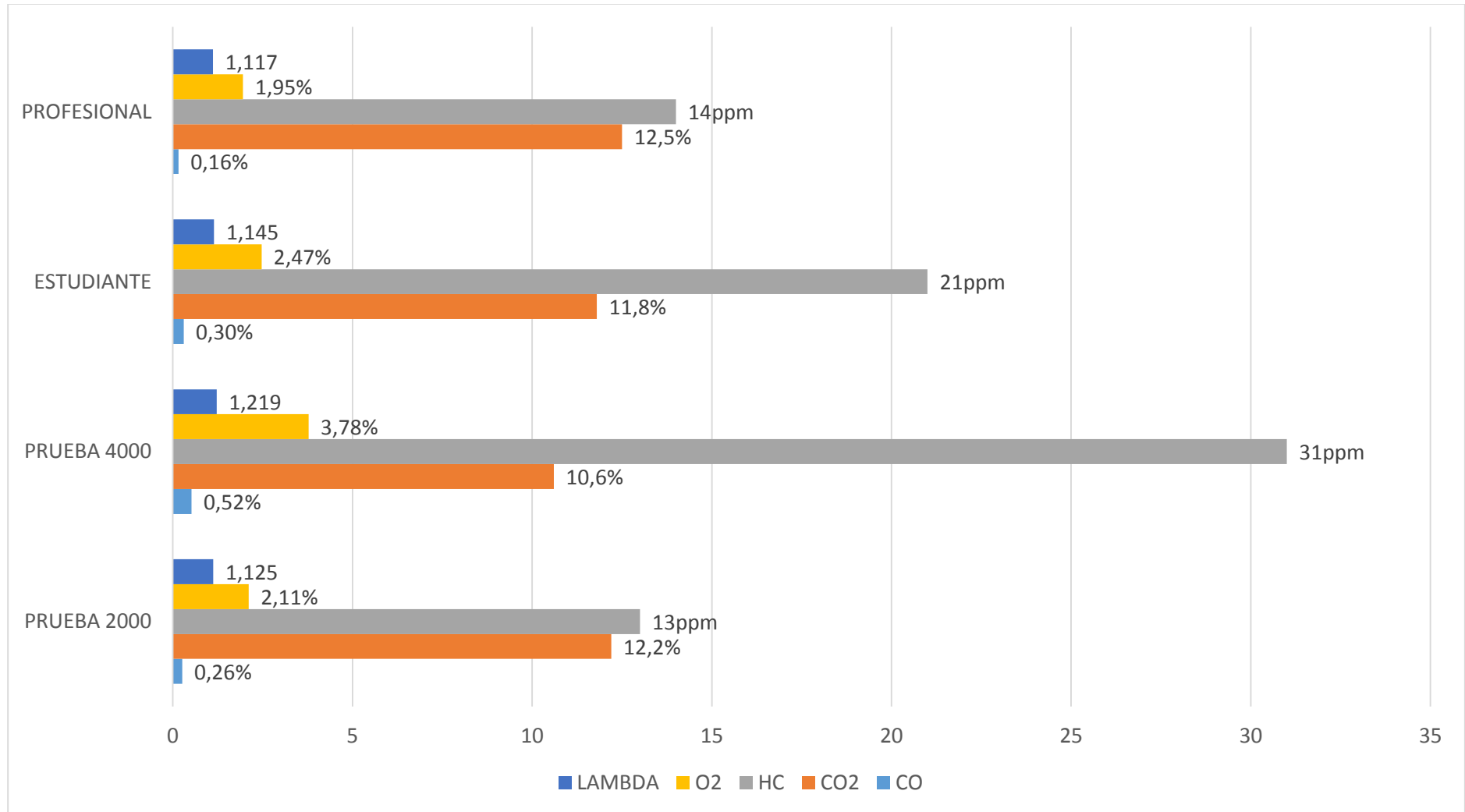


Figura 75 Concentración promedio total de emisiones Chevrolet Aveo

La Figura 75 muestra la concentración promedio total de emisiones de gases contaminantes y cálculo de lambda obtenidos durante la realización de pruebas por cambio de marcha a 2000 y 4000 RPM; por nivel de experiencia del conductor de nivel estudiante y nivel profesional en el vehículo Chevrolet Aveo.

Se observa que la mayor concentración promedio general se obtuvo en la prueba por cambio de marcha a 4000 RPM, con los siguientes valores: (CO) 0,52%; (CO₂) 10,6%; (HC) 31 ppm; (O₂) 3,78%; estas elevadas lecturas conllevan a que el cálculo de lambda también tenga la mayor variación respecto a la mezcla estequiométrica con un valor de 1,219.

La menor concentración promedio general se obtuvo en la prueba por nivel de experiencia de conductor profesional con los siguientes valores: (CO) 0,16%; (CO₂) 12,5%; (HC) 14 ppm; (O₂) 1,95%; estas bajas lecturas conllevan a que el cálculo de lambda también tenga la menor variación respecto a la mezcla estequiométrica con un valor de 1,117.

De forma análoga al análisis realizado en el vehículo Chevrolet Sail, se enuncian los factores que influyen en las concentraciones obtenidas de acuerdo a cada tipo de gas.


5.9.4. Análisis por tipo de gas

a. Concentración de Monóxido de Carbono CO

Se expresa la concentración de monóxido de carbono de mayor a menor por tipo de prueba: A 4000 RPM: 0,52%; nivel estudiante: 0,30%; A 2000 RPM: 0,26% y nivel profesional con 0,16%.

Tabla 30
Concentración de CO

CO	
A 4000 RPM	0,52%
NIVEL ESTUDIANTE	0,30%
A 2000 RPM	0,26%
NIVEL PROFESIONAL	0,16%



Se determina que existe un aumento de concentración de CO cuando se presenta un entorno de combustión con ausencia de oxígeno como resultado de una mezcla aire combustible rica, es decir cuando lambda es menor a la unidad. Las condiciones donde se presenta esta situación en funcionamiento normal son:

- Durante el aumento de requerimiento de energía bajo condiciones de alta carga (Control de lambda en ciclo abierto).
- Alto régimen de motor que produce mayor pérdidas por fricción y consumo de potencia de sistemas auxiliares.
- Barrido de mezcla durante el traslape.

En contraste se evidencia una reducción de concentración de CO cuando el motor está dentro de la temperatura de funcionamiento a ralentí o velocidad crucero, porque el régimen motor se mantiene por debajo de las 4000 RPM, de forma que existe el oxígeno suficiente disponible durante la combustión para completar la reacción de oxidación con los átomos de carbono a bajo régimen de motor.


Comparando la mayor medición de CO obtenida en la prueba a 4000 RPM, con las demás pruebas se evidencia un incremento porcentual promedio de 53,84% como resultado de conducir con los aspectos inherentes de este tipo de conducción descritos anteriormente.

b. Concentración de Hidrocarburos no combustionados HC

Se expresa la concentración de monóxido de carbono de mayor a menor por tipo de prueba: A 4000 RPM: 31 ppm; nivel estudiante: 21 ppm; nivel profesional: 14 ppm y a 2000 RPM con 13 ppm.

Tabla 31
Concentración de HC

HC	
A 4000 RPM	31 ppm
NIVEL ESTUDIANTE	21 ppm
NIVEL PROFESIONAL	14 ppm
A 2000 RPM	13 ppm



Se determina que existe un aumento de concentración de HC cuando se presenta un entorno donde la combustión es incompleta y partículas de hidrocarburos del combustible no son oxidados con partículas de oxígeno durante la carrera de trabajo o expansión. Las condiciones donde se presenta esta situación en funcionamiento normal son:

- Extinción de frente de llama (inherente al diseño del motor).
- Alto régimen de motor que produce mayor barrido de mezcla durante traslape

En contraste se evidencia una reducción de concentración de HC cuando el régimen de motor se mantiene bajo las 4000 RPM.


Comparando la mayor medición de HC obtenida en la prueba a 4000 RPM, con las demás pruebas se evidencia un incremento porcentual promedio de 48,38% como resultado de conducir con los aspectos inherentes de este tipo de conducción descritos anteriormente.

c. Concentración de Dióxido de Carbono CO₂

Se expresa la concentración de dióxido de carbono de mayor a menor por tipo de prueba: Nivel profesional: 12,5%; a 2000 RPM: 12,2%; nivel estudiante: 11,8% y a 4000 RPM con 10,6%

Tabla 32
Concentración de CO₂

CO ₂	
NIVEL PROFESIONAL	12,5%
A 2000 RPM	12,2%
NIVEL ESTUDIANTE	11,8%
A 4000 RPM	10,6%



La concentración de dióxido de carbono es un indicativo proporcional de la regulación de mezcla aire combustible, como regla general se dice que mientras mayor sea la cantidad de CO₂ generada, más eficiente es la combustión y por tanto la


operación del motor. Por lo tanto se deduce que al existir una variación significativa en la relación aire combustible provocará que la concentración de CO₂ disminuya.

De acuerdo a este criterio, en la prueba de nivel profesional se alcanzó la mayor eficiencia de combustión con una concentración de CO₂ de 12,5%, mientras que la menor eficiencia se alcanzó en la prueba de nivel estudiante con una concentración de 10,6%.

d. Concentración de Oxígeno residual O₂ y Lambda

Se expresa la concentración de oxígeno residual y cálculo de lambda de mayor a menor por tipo de prueba:

Tabla 33
Concentración de O₂ y Lambda

	O ₂	λ	
A 4000 RPM	3,78%	1,219	
NIVEL ESTUDIANTE	2,47%	1,145	
A 2000 RPM	2,11%	1,125	
NIVEL PROFESIONAL	1,95%	1,117	

La concentración de oxígeno provee una buena indicación de un motor funcionando con mezcla pobre, generalmente hablando el contenido de O₂ es el opuesto de contenido de CO que indica mezcla enriquecida. Además se conoce la intrínseca relación entre la concentración de O₂ y el cálculo de la relación aire combustible o lambda, que adquiere valores superiores a la unidad cuando se presenta una mezcla pobre. Las condiciones donde se presenta esta situación en funcionamiento normal son:

- Efecto de formación de mezcla por inyección en múltiple de admisión debido a demanda de alto torque y altas velocidades del motor. Lambda es situado usualmente igual o superior en valores inmediatos de $\lambda=1$.
- Alto régimen de motor que produce mayor barrido de mezcla durante traslape.

En forma análoga, la variación de lambda indica la proporción en que la mezcla aire combustible se ha mantenido cerca a la mezcla estequiométrica durante el funcionamiento del motor, mientras menor sea esta variación, se alcanzan las menores concentraciones de emisiones de CO, HC y O₂, mientras que la concentración de CO₂ aumenta siendo un indicador de que la combustión es más eficiente.

5.9.5 Comparativo entre vehículos

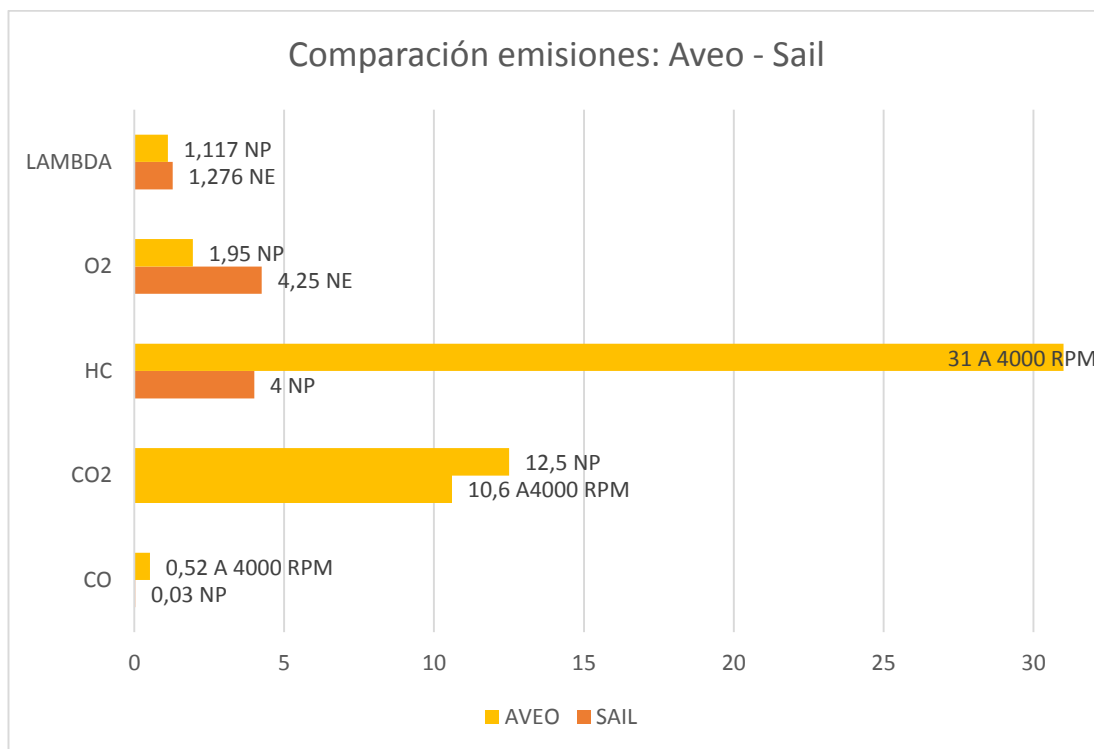


Figura 76 Comparación valores máximos y mínimos de emisiones de vehículos

La Figura 76 representa la concentración promedio de emisiones de gases contaminantes y cálculo de lambda en sus valores máximos y mínimos a lo largo de las pruebas por cambio de marcha de motor y nivel de experiencia de conductor, comparándolos entre el vehículo Chevrolet Sail y Chevrolet Aveo respectivamente.

La mayor concentración de monóxido de carbono (CO) registrada, se obtiene en el Chevrolet Aveo en la prueba a 4000 RPM con 0,52%, mientras que la menor concentración se obtiene en el Chevrolet Sail en la prueba de nivel profesional con 0,03%.

La mayor concentración de dióxido de carbono (CO₂) registrada, se obtiene en el Chevrolet Aveo en la prueba de nivel profesional con 12,5%, mientras que la menor concentración se obtiene también en el Chevrolet Aveo en la prueba a 4000 RPM con 10.6%. Los valores registrados en el Chevrolet Sail están dentro de este rango.

La mayor concentración de hidrocarburos no combustionados (HC) registrada, se obtiene en el Chevrolet Aveo en la prueba a 4000 RPM con 31 ppm, mientras que la menor concentración se obtiene en el Chevrolet Sail en la prueba de nivel profesional con 4 ppm.

La mayor concentración de oxígeno residual (O₂) registrada, se obtiene en el Chevrolet Sail en la prueba de nivel estudiante con 4,25 %, mientras que la menor concentración se obtiene en el Chevrolet Aveo en la prueba de nivel profesional con 1,95%.

La mayor variación de cálculo de lambda se obtiene en el Chevrolet Sail en la prueba de nivel estudiante con 1,276, mientras que la menor variación se registra en el Chevrolet Aveo en la prueba de nivel profesional con 1,117.

Se evidencia un mayor consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes del Chevrolet Aveo respecto al Chevrolet Sail debido a la diferencia de cilindraje de alrededor de 100 cc.

CAPÍTULO VI

6 ELABORACIÓN PROTOCOLO DE CONDUCCIÓN EFICIENTE

Los resultados obtenidos en la realización de las pruebas sirven como herramienta fundamental de comprensión, análisis y desarrollo de un método genérico para alcanzar la anhelada reducción del consumo de combustible y emisión de gases contaminantes, que posteriormente se pondrá en práctica en la capacitación de los estudiantes de la Escuela de Conducción Espe Latacunga.

Para lograr esto se requiere emprender un análisis más exhaustivo que se centra en los resultados de medición de consumo de combustible y concentración de emisiones de gases contaminantes más bajos, es decir, los de las pruebas por cambio de marcha a 2000 RPM y comparándolos con la medición más alta que se obtuvo en la prueba por nivel de experiencia de estudiante, en el vehículo Chevrolet Sail.









6.1 Segmentación de ruta

La segmentación de ruta no es más que el fraccionamiento de la totalidad de la ruta recorrida en segmentos o intervalos más pequeños que permitirán observar los factores que influyen directamente en el consumo de combustible y emisión de gases contaminantes de una forma detallada y minuciosa. Estas variables son:









- Régimen de motor
- Velocidad
- Carga de motor
- Consumo de combustible por hora
- Regulación de mezcla
- Condición del camino
- Densidad de tráfico

Se establecen los siguientes puntos de control donde los parámetros de funcionamiento del motor y el criterio de conducción cambian respecto a los demás segmentos bajo distintas condiciones.

Tabla 34
Segmentación de ruta recorrida







SEGMENTO 1	INICIO ESPE-L	FIN Pendiente en ascenso a Santán
DISTANCIA		
1,58 Km		
CONDICIONES	Tramo urbano de avenidas y calles con tráfico ligero.	
SEGMENTO 2	INICIO Pendiente en ascenso a Santán	FIN Giro en U
DISTANCIA		
2,54 Km		
CONDICIONES	Tramo urbano de pendiente en ascenso con tráfico nulo. Superficie con elevación – Ascenso	
SEGMENTO 3	INICIO Giro en U	FIN Giro izquierda calle Los Illinizas
DISTANCIA		
3,81 Km		
CONDICIONES	Tramo urbano de pendiente en descenso con tráfico nulo. Superficie con elevación – Descenso	
SEGMENTO 4	INICIO Giro izquierda calle Los Illinizas	FIN Giro derecha calle Sánchez Ore.
DISTANCIA		
4,97 Km		
CONDICIONES	Tramo urbano de avenidas y calles con tráfico ligero.	

CONTINÚA 

SEGMENTO 5	INICIO	FIN
	Giro derecha calle Sánchez Ore.	Giro Panamericana Sur
DISTANCIA		
7,18 Km		
CONDICIONES	Tramo urbano de avenidas y calles con tráfico alto. Mayor cantidad de paradas sucesivas.	
SEGMENTO 6	INICIO	FIN
	Giro Panamericana Sur	Semáforo Niágara
DISTANCIA		
10,21 Km		
CONDICIONES	Tramo urbano de carretera con tráfico moderado. Velocidad constante de 50 Km/h.	
SEGMENTO 7	INICIO	FIN
	Semáforo Niágara	Semáforo Belisario Quevedo
DISTANCIA		
13,12 Km		
CONDICIONES	Tramo perimetral con tráfico moderado. Velocidad constante de 80 Km/h.	
SEGMENTO 8	INICIO	FIN
	Semáforo Belisario Quevedo	Giro en U Rieles de Tren
DISTANCIA		
15,92 Km		
CONDICIONES	Tramo de carretera con tráfico moderado. Velocidad constante de 100 Km/h.	

CONTINÚA



SEGMENTO 9	INICIO	FIN
	Giro en U Rieles de Tren	Semáforo Belisario Quevedo
DISTANCIA		
18,76 Km		
CONDICIONES	Punto de retorno. Tramo de carretera con tráfico moderado. Velocidad constante de 100 Km/h.	
SEGMENTO 10	INICIO	FIN
	Semáforo Belisario Quevedo	Desvío Av. Unidad Nacional
DISTANCIA		
22 Km		
CONDICIONES	Tramo perimetral con tráfico moderado. Velocidad constante de 80 Km/h.	
SEGMENTO 11	INICIO	FIN
	Desvío Av. Unidad Nacional	ESPE-L
DISTANCIA		
25,41 Km		
CONDICIONES	Tramo urbano de avenidas y calles con tráfico ligero.	

Al aplicar esta segmentación a los datos obtenidos durante la realización de las pruebas se obtiene una interpretación de datos por tiempo de recorrido y por distancia recorrida.

6.2 Relación de variables por tiempo recorrido

Tabla 35

Tiempo total por prueba y ciclo abierto

	PRUEBA A 2000 RPM	NIVEL ESTUDIANTE
Tiempo total transcurrido en la prueba	48:25	43:38
Tiempo control de mezcla en ciclo abierto	677	940
CONSUMO	1,41	1,63

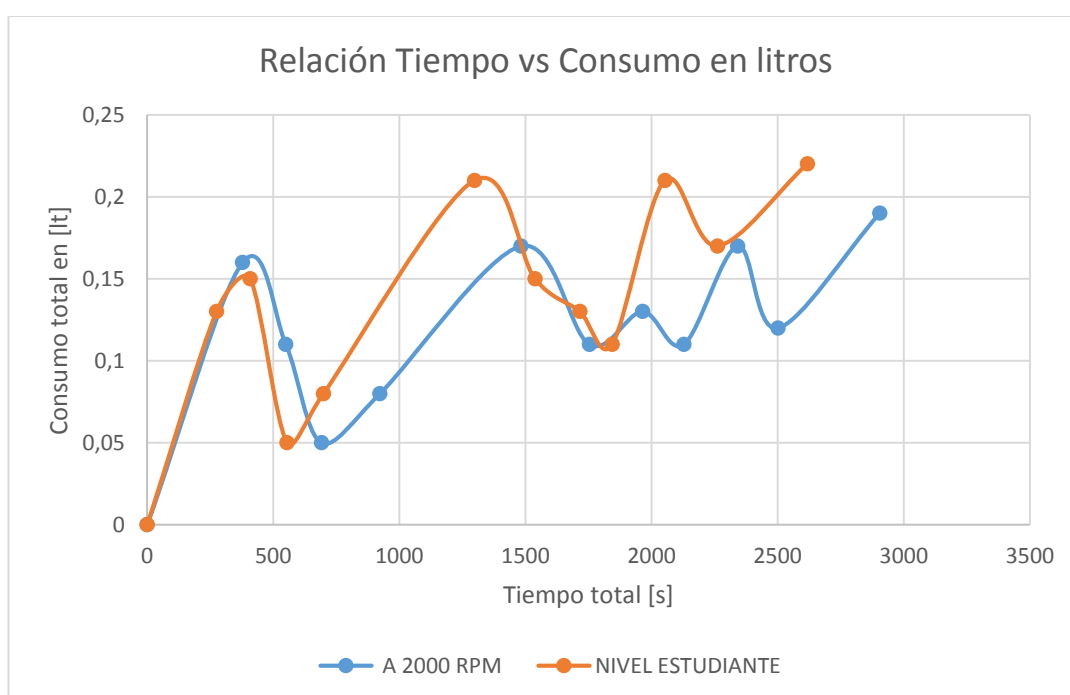


Figura 77 Relación tiempo vs consumo en litros

Se observa que la conducción de nivel estudiante debido a la mayor velocidad de circulación completa el ciclo de conducción en 4 minutos y 47 segundos más rápido que en la prueba por cambio de marcha a 2000 RPM. Esta pequeña ventaja en tiempo causa que el consumo de combustible aumente en 13,49%.

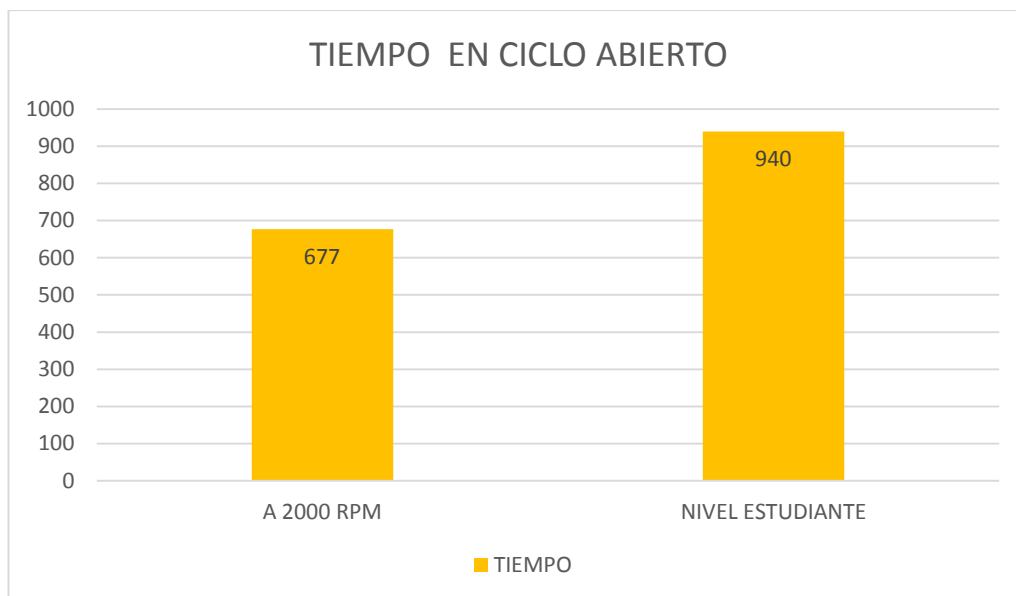



Figura 78 Tiempo total en ciclo abierto por prueba

La Figura 78 muestra el aumento de tiempo en segundos en que el control de mezcla entra en ciclo abierto en la prueba de nivel estudiante, alcanzado un incremento de 27,97%, respecto a la prueba a 2000 RPM, siendo este un factor influyente en el exceso de consumo de combustible.






La siguiente tabla describe de forma detallada el consumo de combustible, tiempo transcurrido por segmento y tiempo en segundos durante los cuales el sistema de control de mezcla entra en ciclo abierto aplicando la segmentación de ruta.

Se evidencia un aumento de consumo de combustible durante la conducción de nivel estudiante de alrededor de 0,04 lt con una ventaja en tiempo de ahorro promedio de 42 segundos por segmento recorrido.

Tabla 36
Relación de variables por tiempo recorrido






SEGMENTO 1	TIEMPO TRANSCURRIDO [min:s]/[s]	CONSUMO	CICLO ABIERTO [s]	PRUEBA
	06:18/378	0,16	32	PRUEBA A 2000 RPM
	04:35/275	0,13	59	NIVEL ESTUDIANTE

CONTINÚA 

SEGMENTO 2	TIEMPO TRANSCURRIDO [min:s]/[s]	CONSUMO	CICLO ABIERTO [s]	PRUEBA
	02:52/172	0,11	32	PRUEBA A 2000 RPM
	02:13/133	0,15	74	NIVEL ESTUDIANTE
SEGMENTO 3	TIEMPO TRANSCURRIDO [min:s]/[s]	CONSUMO	CICLO ABIERTO [s]	PRUEBA
	02:21/141	0,05	123	PRUEBA A 2000 RPM
	02:27/147	0,05	101	NIVEL ESTUDIANTE
SEGMENTO 4	TIEMPO TRANSCURRIDO [min:s]/[s]	CONSUMO	CICLO ABIERTO [s]	PRUEBA
	03:52/232	0,08	58	PRUEBA A 2000 RPM
	02:24/144	0,08	64	NIVEL ESTUDIANTE
SEGMENTO 5	TIEMPO TRANSCURRIDO [min:s]/[s]	CONSUMO	CICLO ABIERTO [s]	PRUEBA
	09:19/559	0,17	73	PRUEBA A 2000 RPM
	09:59/599	0,21	112	NIVEL ESTUDIANTE
SEGMENTO 6	TIEMPO TRANSCURRIDO [min:s]/[s]	CONSUMO	CICLO ABIERTO [s]	PRUEBA
	04:32/272	0,11	56	PRUEBA A 2000 RPM
	04:00/240	0,15	72	NIVEL ESTUDIANTE

CONTINÚA



SEGMENTO 7	TIEMPO TRANSCURRIDO [min:s]/[s]	CONSUMO	CICLO ABIERTO [s]	PRUEBA
	03:30/210	0,13	59	PRUEBA A 2000 RPM
	02:58/178	0,13	62	NIVEL ESTUDIANTE
SEGMENTO 8	TIEMPO TRANSCURRIDO [min:s]/[s]	CONSUMO	CICLO ABIERTO [s]	PRUEBA
	02:44/164	0,11	70	PRUEBA A 2000 RPM
	02:08/128	0,11	106	NIVEL ESTUDIANTE
SEGMENTO 9	TIEMPO TRANSCURRIDO [min:s]/[s]	CONSUMO	CICLO ABIERTO [s]	PRUEBA
	03:34/214	0,17	60	PRUEBA A 2000 RPM
	03:29/209	0,21	92	NIVEL ESTUDIANTE
SEGMENTO 10	TIEMPO TRANSCURRIDO [min:s]/[s]	CONSUMO	CICLO ABIERTO [s]	PRUEBA
	02:39/159	0,12	40	PRUEBA A 2000 RPM
	03:28/208	0,17	37	NIVEL ESTUDIANTE
SEGMENTO 11	TIEMPO TRANSCURRIDO [min:s]/[s]	CONSUMO	CICLO ABIERTO [s]	PRUEBA
	06:44/404	0,19	74	PRUEBA A 2000 RPM
	05:57/357	0,22	161	NIVEL ESTUDIANTE

6.3 Relación de variables por distancia recorrida

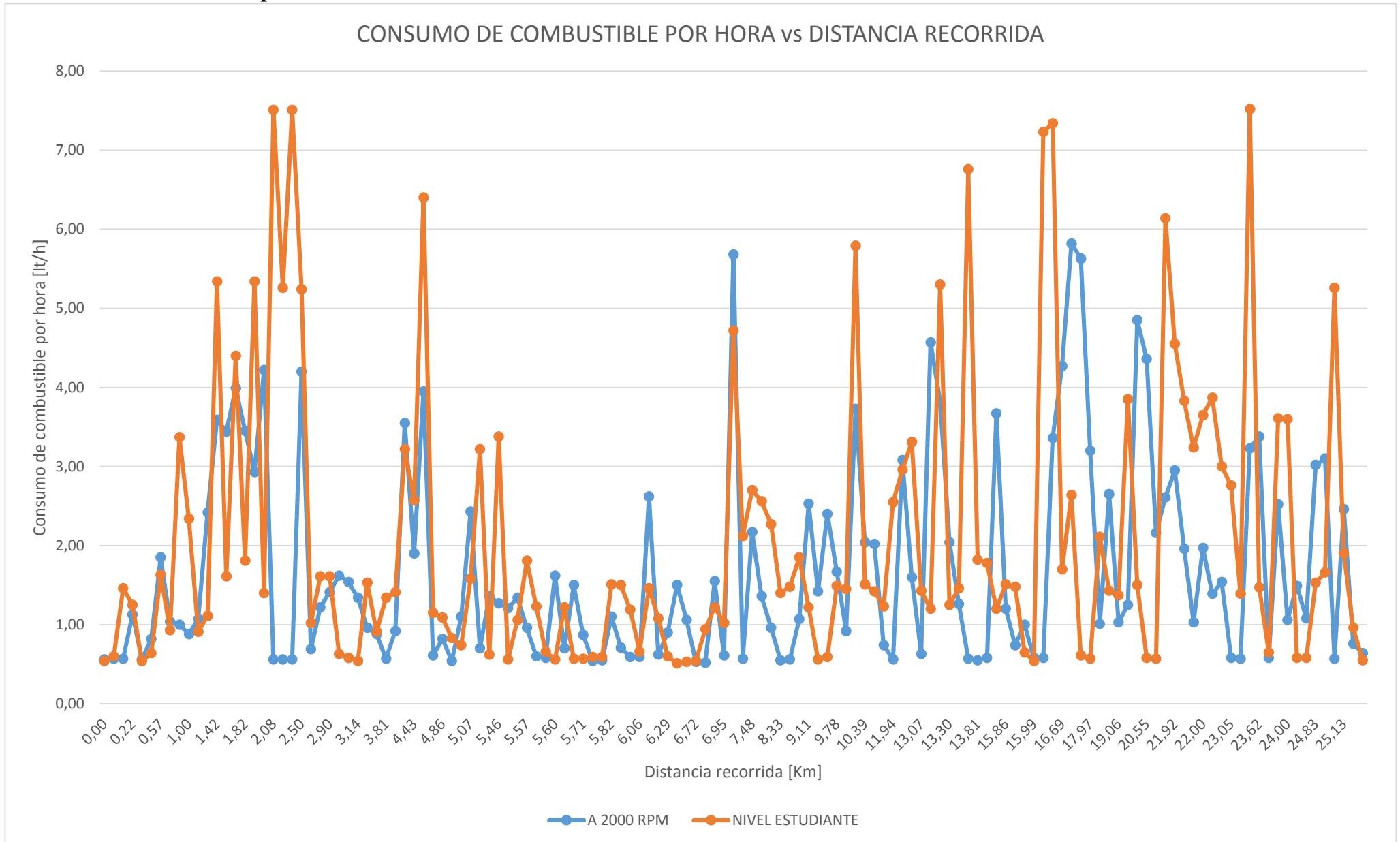


Figura 79 Consumo de combustible por hora vs distancia recorrida

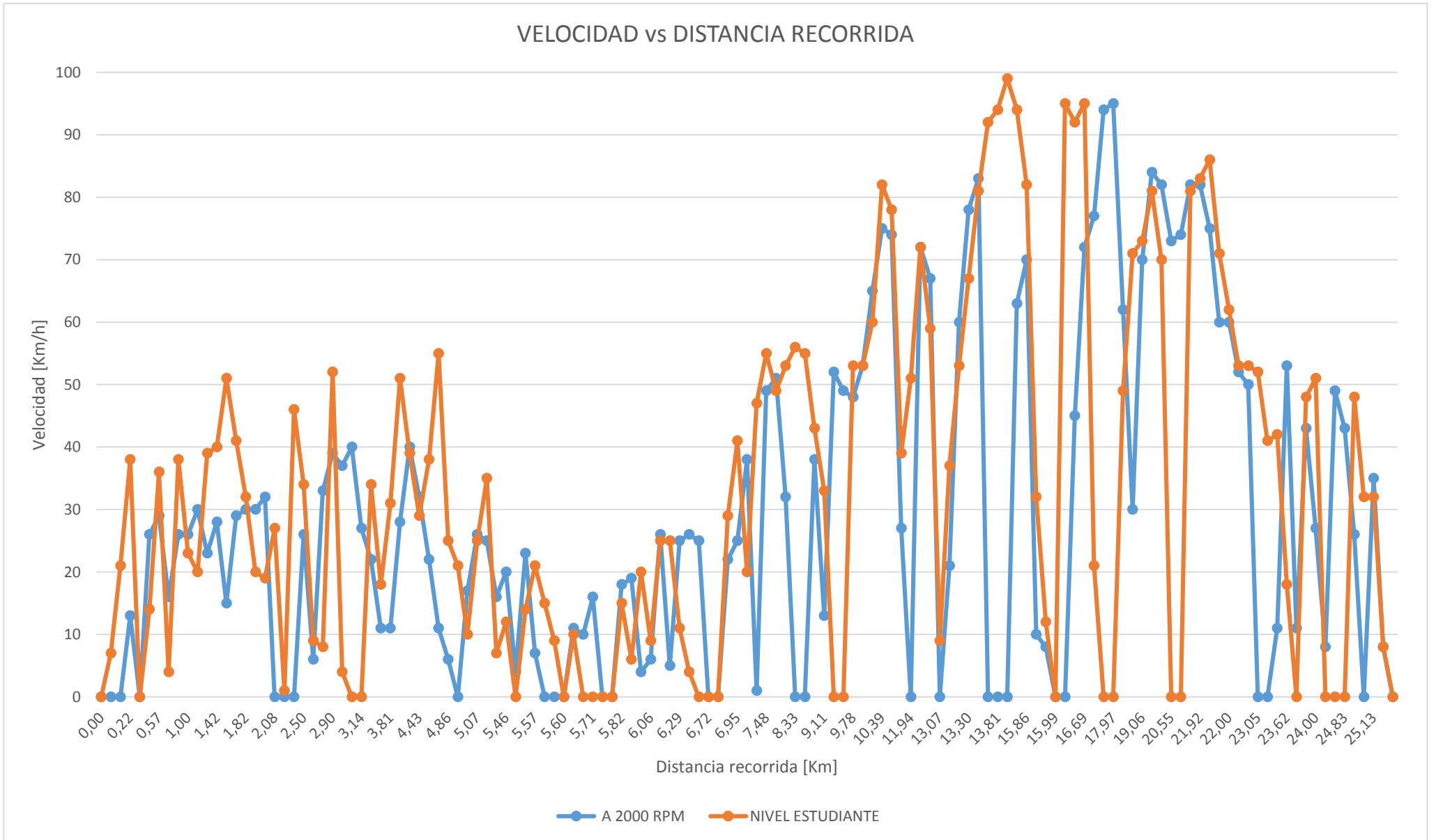


Figura 80 Velocidad vs distancia recorrida

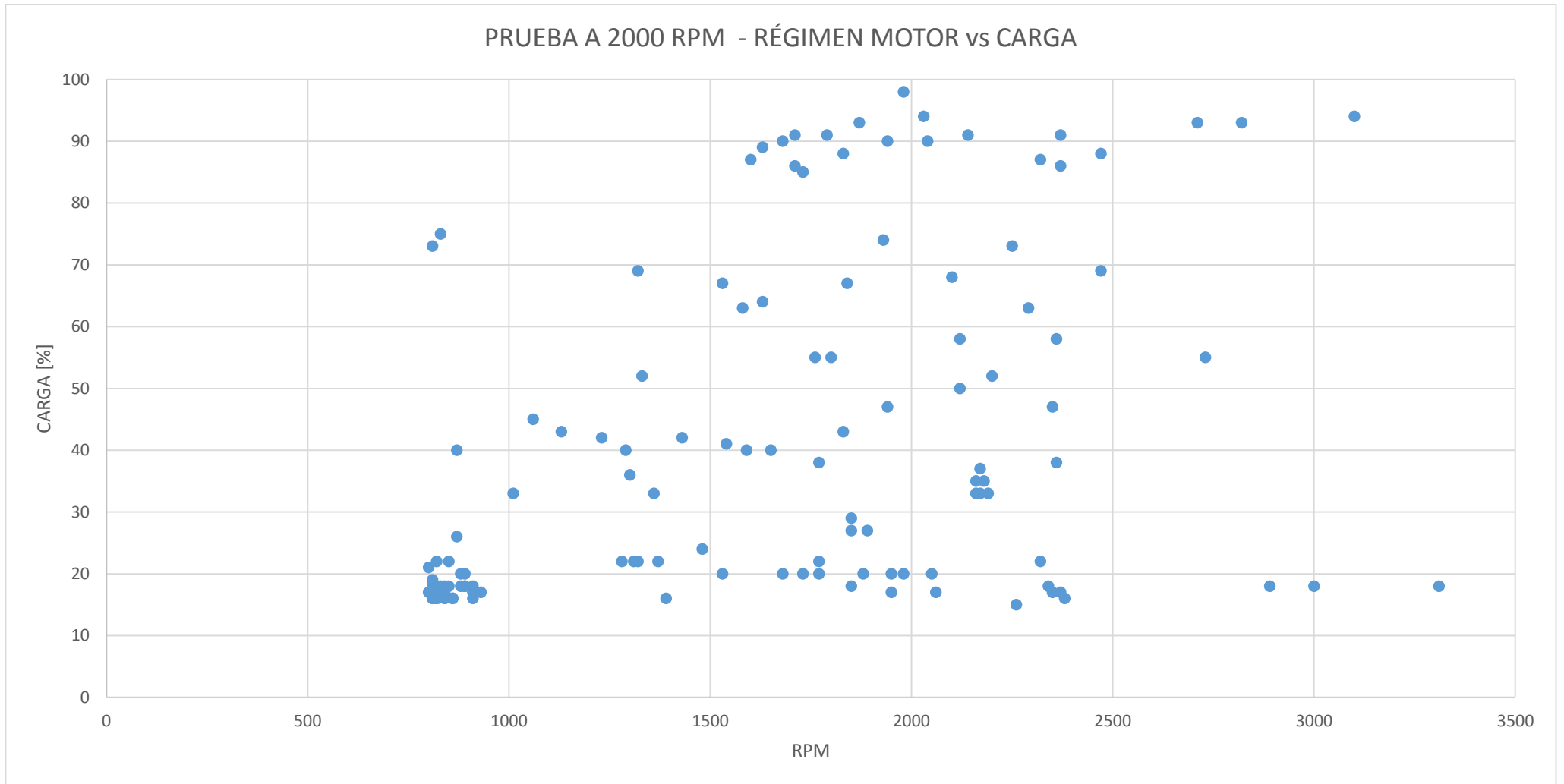


Figura 81 Prueba a 2000 RPM Régimen motor vs carga

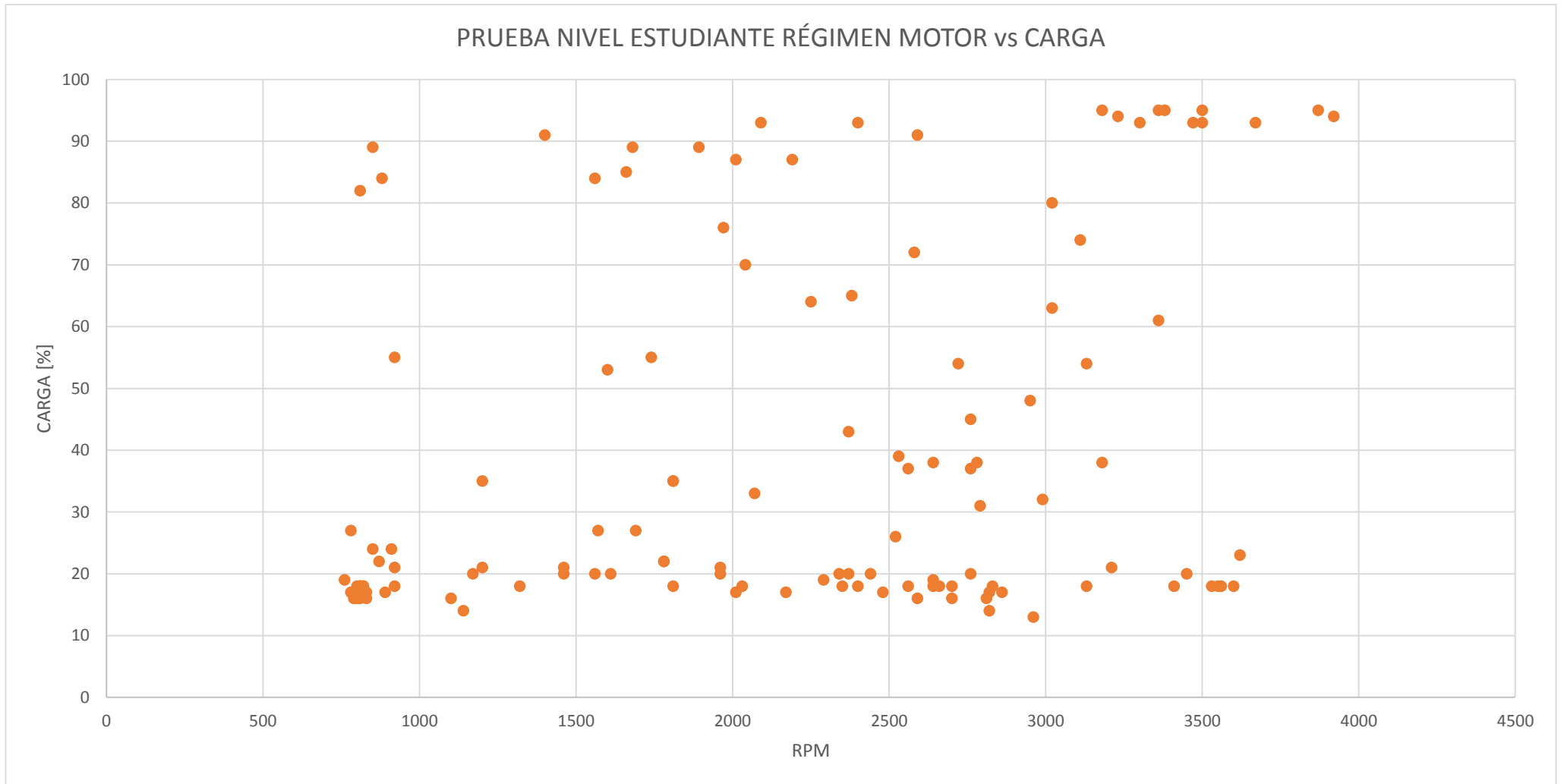


Figura 82 Prueba nivel estudiante Régimen motor vs carga

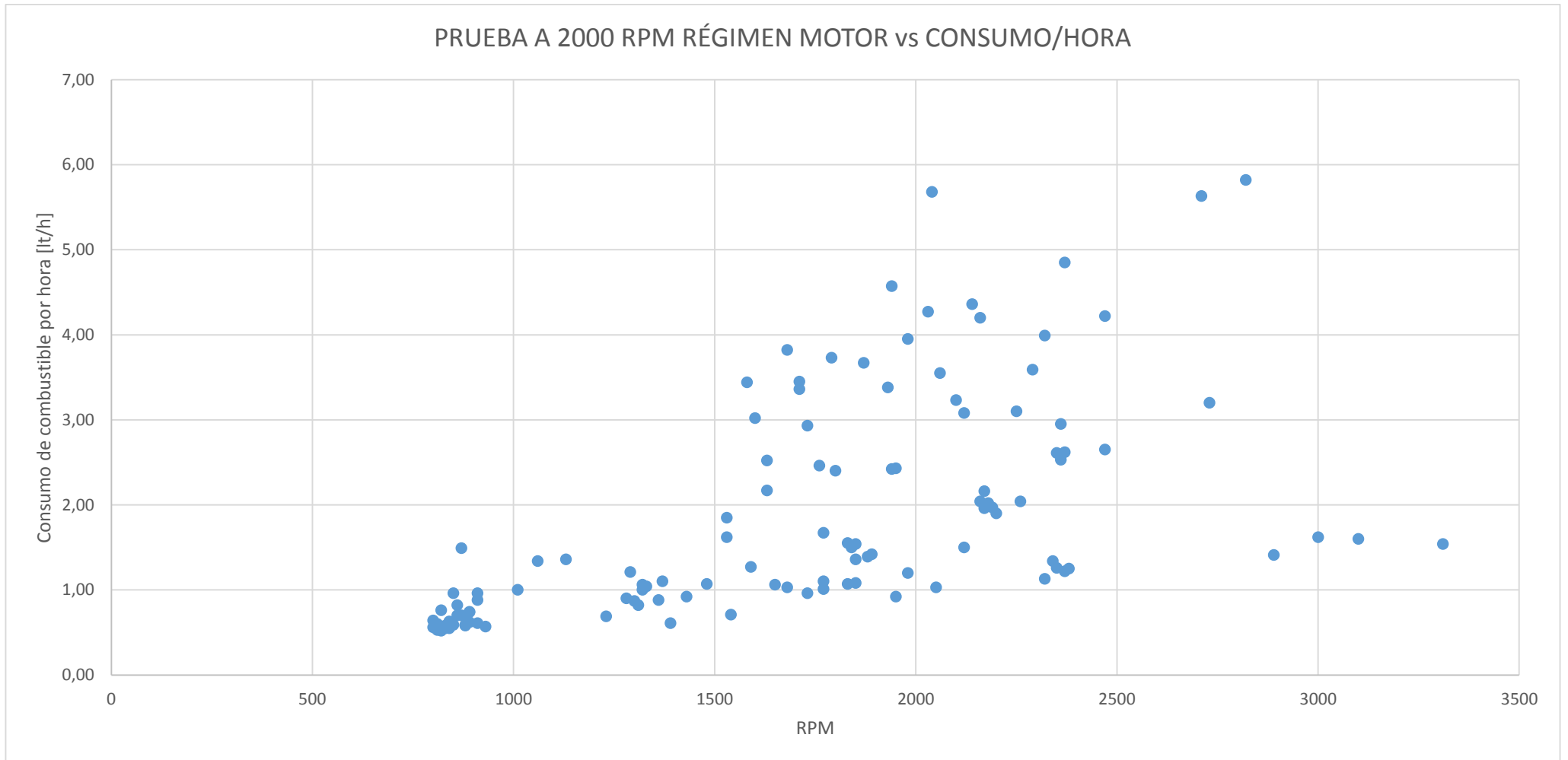


Figura 83 Prueba a 2000 RPM Régimen motor vs consumo/hora

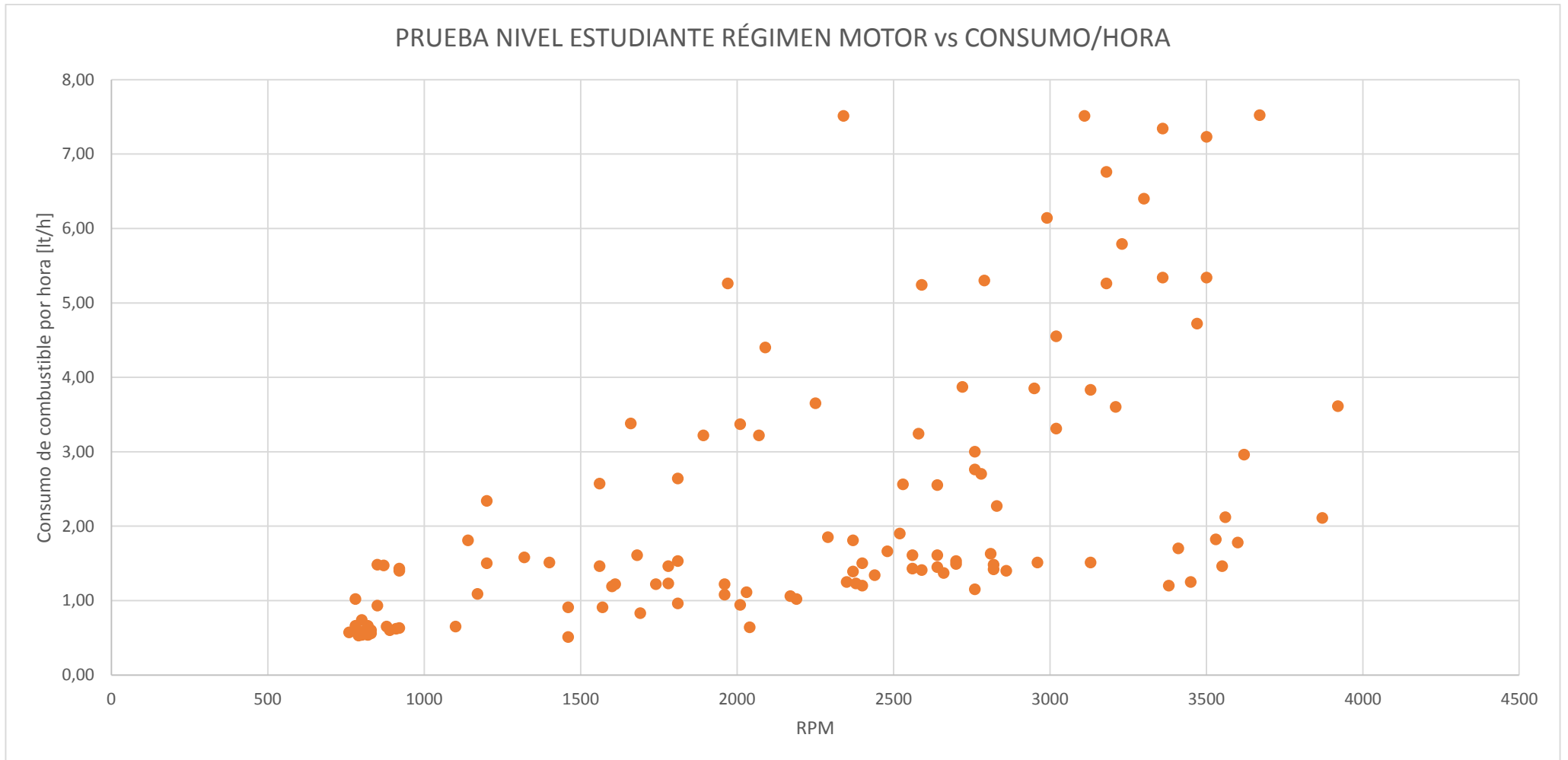


Figura 84 Prueba nivel estudiante Régimen motor vs consumo/hora

6.3.1 Consumo de combustible por hora vs Distancia Recorrida

La figura 79 representa la relación existente entre el consumo de combustible por hora y la distancia recorrida en el ciclo de conducción, comparando las mediciones obtenidas en la prueba por cambio de marcha a 2000 RPM y la prueba por nivel de experiencia de conductor de nivel de estudiante.

En el eje de las abscisas se muestra la distancia recorrida en kilómetros, mientras que en el eje de las ordenadas se muestra el consumo de combustible en litros por hora. Se observa una mayor presencia de valores máximos en la prueba de nivel estudiante que ascienden hasta 7,52 lt/h, a diferencia de la prueba a 2000 RPM con valores que no superan valores máximos de 5,82 lt/h. El valor mínimo de consumo se obtiene en ambas pruebas con 0,52 lt/h que se evidencia cuando el motor está en ralentí a un régimen de motor de 800 RPM.

6.3.2 Velocidad vs Distancia Recorrida

La figura 80 representa la relación existente entre la velocidad del vehículo y la distancia recorrida en el ciclo de conducción, comparando las mediciones obtenidas en la prueba por cambio de marcha a 2000 RPM y la prueba por nivel de experiencia de conductor de nivel de estudiante. En el eje de las abscisas se muestra la distancia recorrida en kilómetros, mientras que en el eje de las ordenadas se muestra la velocidad en kilómetros por hora.

Desde el segmento 1 hasta segmento 5, es decir los primeros 7,18 Km de recorrido de tramo urbano, se observa que en la prueba a 2000 RPM se alcanzan velocidades que no superan los 40 Km/h y no se presentan mayor cantidad de picos de variación de velocidad, mientras que en la prueba de nivel estudiante, el vehículo alcanza velocidades de hasta 50 – 55 Km/h con mayor cantidad de picos de variación de velocidad. Desde el segmento 6 hasta el segmento 11, es decir el recorrido de tramo perimetral y carretera hasta 21,96 Km, en ambas pruebas se alcanzan velocidades de hasta 80 – 100 Km/h, los picos de variación de velocidad aún se mantienen menores y también la velocidad de circulación se mantiene por mayor distancia recorrida en la prueba a 2000 RPM. Estas evidencias dejan en descubierto que el consumo de combustible aumenta cuando existe una mayor variación de picos de velocidad de circulación.

Cuando un conductor elige ir más rápido en un recorrido urbano, su razonamiento le indica que mientras mayor sea su velocidad de circulación, llegará más pronto a su destino, este criterio parece útil y funcional, pero la realidad demuestra que al hacer esto se generan grandes variaciones de velocidad (0 Km/h hasta 60 Km/h) causadas por la aceleración y frenado brusco.

La aceleración y frenado brusco se presenta cuando un vehículo se desplaza a mayor velocidad en referencia a los demás actores de la vía, como son otros vehículos, buses, camiones y motos que se desplazan a menor velocidad; y también cuando el vehículo se encuentra con intersecciones, semáforos y pasos peatonales. Estos elementos representan un “obstáculo” que el conductor debe sortear, frenando de forma brusca para evitar contacto y rebasar o detenerse por completo por un semáforo en rojo y de forma inmediata acelerar de forma brusca para recuperar la velocidad de circulación a la que el vehículo estaba previamente.

6.3.3 Régimen de motor vs Carga en prueba a 2000 RPM

La figura 81 representa la relación existente entre el régimen de motor y el porcentaje de carga calculada de motor en la prueba por cambio de marcha a 2000 RPM. En el eje de las abscisas se muestra la velocidad del motor en revoluciones por minuto [RPM] y en el eje de las ordenadas se muestra la carga calculada del motor en porcentaje [%].

La dispersión de datos muestra que durante un régimen de motor bajo que va desde 1500 hasta 2500 RPM, la carga del motor oscila entre 60 a 98 %. Esto refleja que durante la totalidad de la prueba, se mantuvo una alta carga a bajas revoluciones, siendo este un factor determinante en la reducción del consumo de combustible.

6.3.4 Régimen de motor vs Carga en prueba nivel estudiante

La figura 82 representa la relación existente entre el régimen de motor y el porcentaje de carga calculada de motor en la prueba por nivel de experiencia del conductor de nivel estudiante. En el eje de las abscisas se muestra la velocidad del motor en revoluciones por minuto [RPM] y en el eje de las ordenadas se muestra la carga calculada del motor en porcentaje [%].

La dispersión de datos muestra que durante un régimen de motor de bajas y altas revoluciones comprendido entre 800 hasta 4000 RPM, la carga del motor oscila entre 64 a 95 %. Esto refleja que durante la totalidad de la prueba, se mantuvo una alta carga durante todo el rango de valores de régimen de motor, siendo este un factor determinante en el aumento del consumo de combustible.

6.3.5 Régimen motor vs consumo de combustible/hora a 2000 RPM

La figura 83 representa la relación existente entre el régimen de motor y el consumo de combustible por hora del motor en la prueba por cambio de marcha a 2000 RPM. En el eje de las abscisas se muestra la velocidad del motor en revoluciones por minuto [RPM] y en el eje de las ordenadas se muestra el consumo de combustible por hora en [lt/h].

La dispersión de datos muestra que existe una mayor concentración de puntos de consumo de combustible por hora en el rango de régimen de motor entre 1500 a 2500 RPM, alcanzando valores que van desde 0,92 lt hasta 5,68 lt/h. Esto demuestra que durante la totalidad de la prueba, el consumo de combustible por hora es menor en este rango de revoluciones por minuto. Al realizar los cambios de marcha entre estos rangos de revoluciones bajas, el consumo por hora se mantiene reducido en relación a la prueba de nivel estudiante.

Existen puntos de dispersión de consumo de combustible que superan el límite establecido de 2000 RPM, esto se debe a que de acuerdo a la segmentación de ruta, hay puntos donde se realizan cambios de marcha de mayor a menor para no perder momento del vehículo al ascender una pendiente o rebasar un vehículo.

De acuerdo a esta gráfica se puede establecer el límite máximo de revoluciones por minuto para realizar el cambio de marcha en 2500 RPM sin perjudicar el consumo de combustible.

6.3.6 Régimen motor vs consumo de combustible/hora nivel estudiante

La figura 84 representa la relación existente entre el régimen de motor y el consumo de combustible por hora del motor en la prueba por nivel de experiencia de conductor de nivel estudiante. En el eje de las abscisas se muestra la velocidad del motor en

revoluciones por minuto [RPM] y en el eje de las ordenadas se muestra el consumo de combustible por hora en [lt/h].

La dispersión de datos muestra que existe una mayor concentración de puntos de consumo de combustible por hora a lo largo de todo el rango de régimen de motor entre 1100 a 3920 RPM, alcanzando valores que van desde 0,64 lt hasta 7,52 lt/h. Esto demuestra que durante la totalidad de la prueba, el consumo de combustible por hora es mayor en este rango de revoluciones por minuto. Al realizar los cambios de marcha entre estos rangos de revoluciones por minuto, el consumo por hora se incrementa en relación a la prueba de 2000 RPM.

De acuerdo a esta gráfica se puede establecer que se presenta un alto y sostenido consumo de combustible por hora a lo largo de revoluciones bajas y altas, lo que aumenta el consumo de combustible.

6.4 Síntesis

Después de haber realizado un análisis exhaustivo a las diferentes variables que intervienen de forma directa en el consumo de combustible durante la conducción, se relacionan las evidencias encontradas durante las pruebas y los principios de conducción eficiente de la Natural Resources of Canada en el siguiente esquema:



Figura 85 Síntesis de elementos para el protocolo de conducción eficiente

6.5 Acciones a ejecutar en el protocolo de conducción eficiente

Tabla 37

Acciones a ejecutar en el protocolo de conducción eficiente

ACCIÓN	TÉCNICAS	VARIABLES	INFLUENCIA DE VARIABLE EN LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE
Límite de cambio de marcha de 2000 RPM hasta máximo 2500 RPM	Acelerar gradualmente	Tiempo ciclo abierto	Menor tiempo en segundos en que el sistema de combustible entra en ciclo abierto, menor combustible consumido.
		Consumo por hora	Menor variación por picos de aceleración, menor consumo de combustible
	Mantener Velocidad	Velocidad	Velocidad constante evita la generación de picos de consumo de combustible por hora durante la distancia recorrida y menor pérdida de momento del vehículo.
		Carga	Conducción con alta carga a bajas revoluciones favorece la reducción de consumo de combustible.
	Evitar altas velocidades	RPM	Mientras el número de revoluciones sea bajo, menor combustible consumido.
		Marcha Seleccionada	Cambios de marcha desde 1ra a 5ta de forma continua mantiene el régimen motor a revoluciones bajas.
Cambio de marcha a neutro cuando sea posible	Deslizamiento libre Anticipación de tráfico	RPM	Mientras el número de revoluciones se menor a 1500 RPM o alcance ralentí, menor combustible consumido.

Toda la información recopilada de la interpretación de resultados y las acciones a ejecutarse en el protocolo de conducción eficiente con la segmentación de ruta planteada, es difundida a los instructores de la Escuela de Conducción Espe Latacunga, para que sea asimilado y reproducido a los nuevos estudiantes en cursos futuros. La siguiente tabla muestra las instrucciones a seguir:

Tabla 38
Instructivo Protocolo de Conducción Eficiente

TRAMO 1 URBANO			
DISTANCIA	SEGMENTO 1	VELOCIDAD	RPM
1,56 Km	 ESPE – SUBIDA A SANTÁN	1RA 2DA Y 3RA Deslizar en neutro cuando sea posible.	Cambios a 2000 RPM. Máximo 2500
TRAMO 2 PENDIENTE - ASCENSO			
	SEGMENTO 2	VELOCIDAD	RPM
2,54 Km	 SUBIDA A SANTÁN – GIRO EN U	1RA Y 2DA Deslizar en neutro cuando sea posible.	Cambios a 2500 RPM. Máximo 3000
TRAMO 3 PENDIENTE - DESCENSO			
	SEGMENTO 3	VELOCIDAD	RPM
3,81 Km	 GIRO EN U – GIRO HACIA LAGUNA	3RA sin acelerar con ayuda del freno.	Máximo 2500
TRAMO 4 URBANO			
	SEGMENTO 4	VELOCIDAD	RPM
4,97 Km	 GIRO HACIA LAGUNA – CALLE SÁNCHEZ O.	1RA 2DA Y 3RA Deslizar en neutro cuando sea posible.	Cambios a 2000 RPM. Máximo 2500

CONTINÚA



TRAMO 5 URBANO - CENTRO			
	SEGMENTO 5	VELOCIDAD	RPM
7,18 Km	 <p>CALLE SÁNCHEZ O. – ENTRADA PANAMERICANA SUR</p>	<p>1RA 2DA Y 3RA Deslizar en neutro cuando sea posible.</p> <p>Bajada hospital 3RA con ayuda de freno.</p>	<p>Cambios a 2000 RPM.</p> <p>Máximo 2500</p>
TRAMO 6 URBANO -PANAMERICANA SUR			
	SEGMENTO 6	VELOCIDAD	RPM
10,21 Km	 <p>PANAMERICANA SUR – SEMÁFORO BELLAVISTA</p>	<p>1RA 2DA 3RA Y 4TA</p> <p>Deslizar en neutro cuando sea posible.</p>	<p>Cambios a 2000 RPM.</p> <p>Máximo 2000</p>
TRAMO 7 PERIMETRAL – PANAMERICANA SUR			
	SEGMENTO 7	VELOCIDAD	RPM
13,12 Km	 <p>SEMÁFORO BELLAVISTA – SEMÁFORO BELISARIO</p>	<p>1RA 2DA 3RA 4TA Y 5TA</p> <p>Deslizar en neutro cuando sea posible.</p>	<p>Cambios a 2000 RPM</p> <p>Máximo 2200</p>
TRAMO 8 CARRETERA – PANAMERICANA SUR			
	SEGMENTO 8	VELOCIDAD	RPM
15,92 Km	 <p>SEMÁFORO BELISARIO – GIRO EN U RIELES</p>	<p>1RA 2DA 3RA 4TA Y 5TA</p> <p>Deslizar en neutro cuando sea posible.</p>	<p>Cambios a 2000 RPM</p> <p>Máximo 3000</p>

CONTINÚA



TRAMO 9 CARRETERA – PANAMERICANA SUR			
	PUNTO DE CONTROL 9	VELOCIDAD	RPM
18,76 Km	 <p>GIRO EN U RIELES – SEMÁFORO BELISARIO</p>	1RA 2DA 3RA 4TA Y 5TA Deslizar en neutro cuando sea posible.	Cambios a 2500 RPM Máximo 3000
TRAMO 10 – PERIMETRAL - PANAMERICANA SUR			
	SEGMENTO 10	VELOCIDAD	RPM
22 Km	 <p>SEMÁFORO BELISARIO – DESVÍO BELLAVISTA</p>	1RA 2DA 3RA 4TA Y 5TA Bajada semáforo Belisario en 4TA Deslizar en neutro cuando sea posible.	Cambios a 2000 RPM Máximo 2200
TRAMO 11 URBANO			
	SEGMENTO 11	VELOCIDAD	RPM
25,41 Km	 <p>DESVÍO BELLAVISTA - ESPE</p>	1RA 2DA Y 3RA Av. Roosevelt en 4TA Deslizar en neutro cuando sea posible.	Cambios a 2000 RPM Máximo 2500

6.6 Protocolo de conducción eficiente

6.7 Resultados obtenidos

6.8 Chevrolet Sail

6.8.1 Consumo de combustible

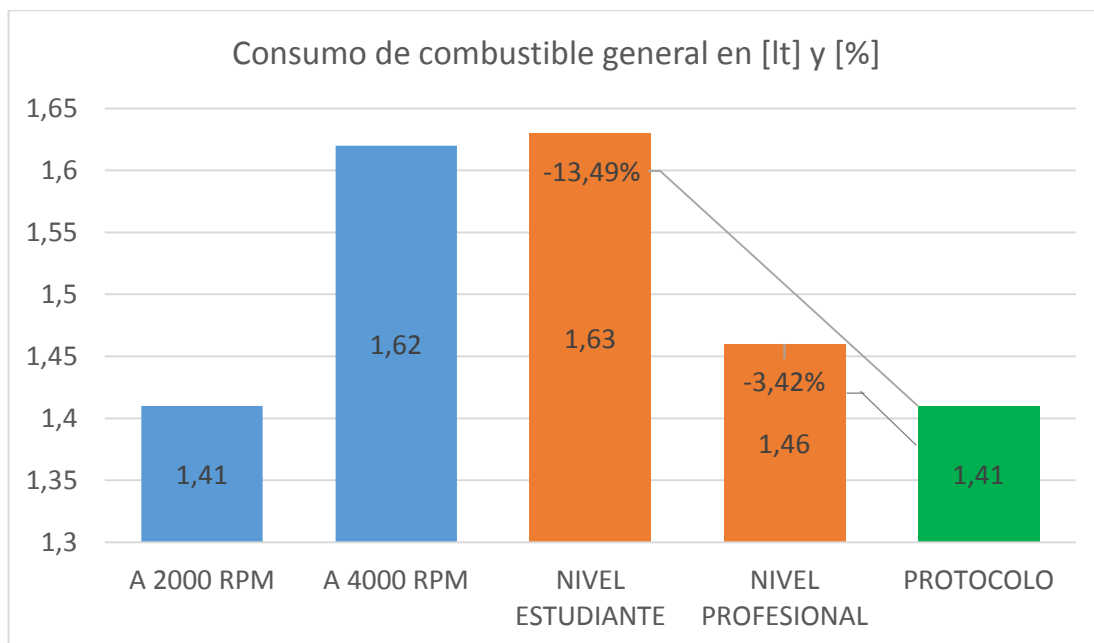


Figura 86 Comparación general de consumo de combustible Chevrolet Sail

La Figura 86 representa la comparación general de consumo de combustible a lo largo de todas las pruebas incluida la prueba final de protocolo de conducción eficiente en litros y porcentaje de reducción de consumo.

Se evidencia que en la prueba con el protocolo de conducción eficiente se registra la cantidad de 1,41 lt, esta es la misma cantidad consumida en la prueba a 2000 RPM. Relacionando los porcentajes respecto a la mayor cantidad consumida en la prueba de nivel estudiante; con el protocolo de conducción eficiente se obtiene una reducción de consumo de 13,49%; respecto a la prueba de nivel profesional se obtiene una reducción de consumo de 3,42%.

6.8.2 Emisiones de gases contaminantes

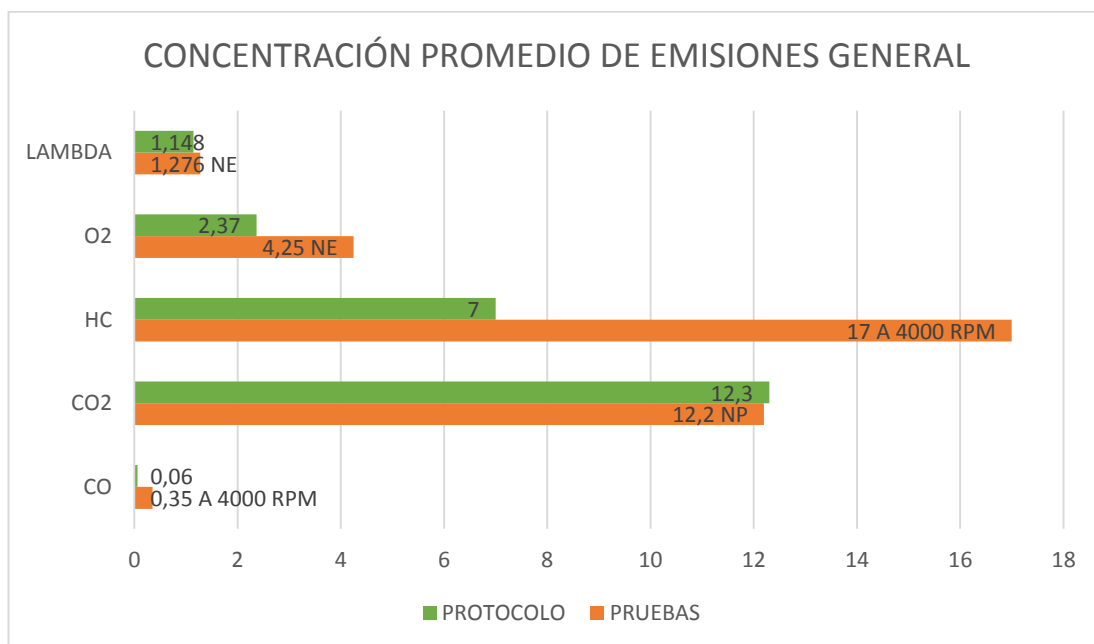


Figura 87 Comparación de emisiones general Chevrolet Sail

La Figura 87 representa la comparación de valores máximos y mínimos de concentraciones promedio de emisiones entre la totalidad de las pruebas y el protocolo de conducción eficiente.

En la concentración promedio de monóxido de carbono (CO), se puede ver que el valor máximo se obtuvo en la prueba a 4000 RPM con 0,35%, mientras que en la prueba de protocolo de conducción eficiente se obtiene 0,06%. Esto representa una reducción de 82,85% de la concentración promedio respecto a la concentración máxima.

En la concentración promedio de dióxido de carbono (CO₂), se puede ver que el valor máximo se obtuvo en la prueba de protocolo de conducción eficiente con 12,3%, respecto al valor obtenido en la prueba de nivel profesional con 12,2%, existe un incremento de 0,82%.

En la concentración promedio de hidrocarburos no combustionados (HC), se puede ver que el valor máximo se obtuvo en la prueba a 4000 RPM con 17 ppm, mientras que en la prueba de protocolo de conducción eficiente se obtiene 7 ppm. Esto

representa una reducción de 58,82% de la concentración promedio respecto a la concentración máxima.

En la concentración promedio de oxígeno residual (O₂), se puede ver que el valor máximo se obtuvo en la prueba a 4000 RPM con 4,25%, mientras que en la prueba de protocolo de conducción eficiente se obtiene 2,37%. Esto representa una reducción de 44,23% de la concentración promedio respecto a la concentración máxima.

La mayor variación de factor lambda se obtuvo en la prueba de nivel estudiante con 1,276, mientras que en la prueba de protocolo de conducción eficiente se obtiene 1,148. Esto representa una reducción de 10,03 % en la variación de factor lambda respecto a la variación máxima.

6.9 Chevrolet Aveo

6.9.1 Consumo de combustible

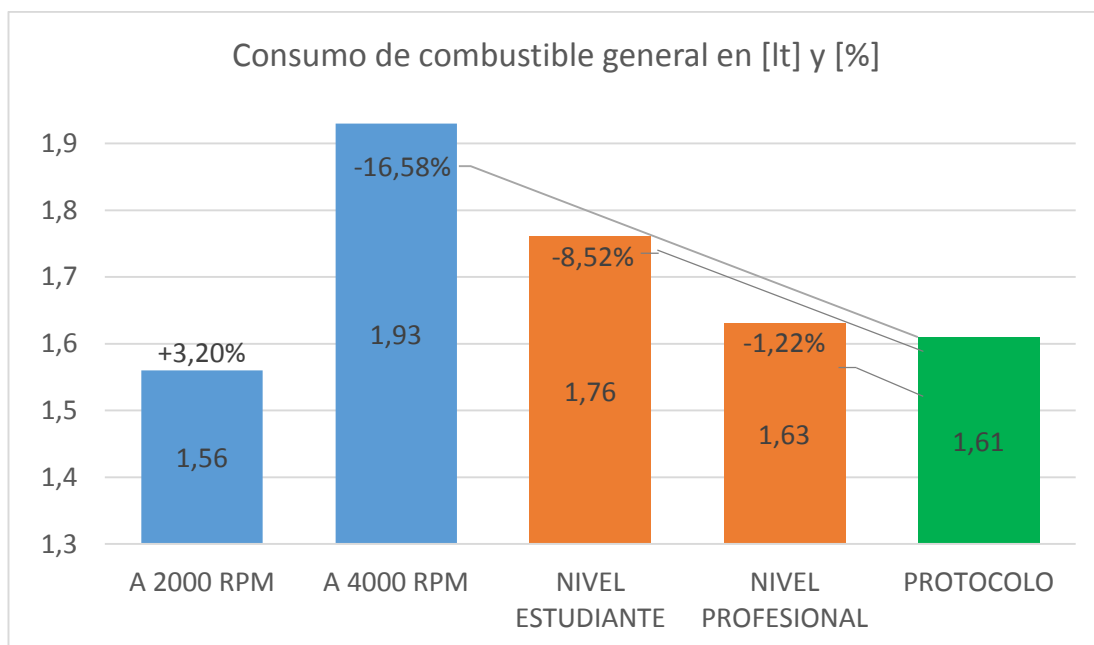


Figura 88 Comparación general de consumo de combustible Chevrolet Aveo

La Figura 88 representa la comparación general de consumo de combustible a lo largo de todas las pruebas incluida la prueba final de protocolo de conducción eficiente en litros y porcentaje de reducción de consumo.

Se evidencia que en la prueba con el protocolo de conducción eficiente se registra la cantidad de 1,61 lt, Relacionando los porcentajes respecto a la mayor cantidad consumida en la prueba a 4000 RPM; con el protocolo de conducción eficiente se obtiene una reducción de consumo de 16,58%; respecto a la prueba de nivel de estudiante se obtiene una reducción de consumo de 8,52%; respecto a la prueba de nivel profesional se obtiene una reducción de consumo de 1,22%. También se registra un aumento de consumo de combustible del protocolo de conducción eficiente respecto a la prueba a 2000 RPM con 3,20%.

6.9.2 Emisiones de gases contaminantes

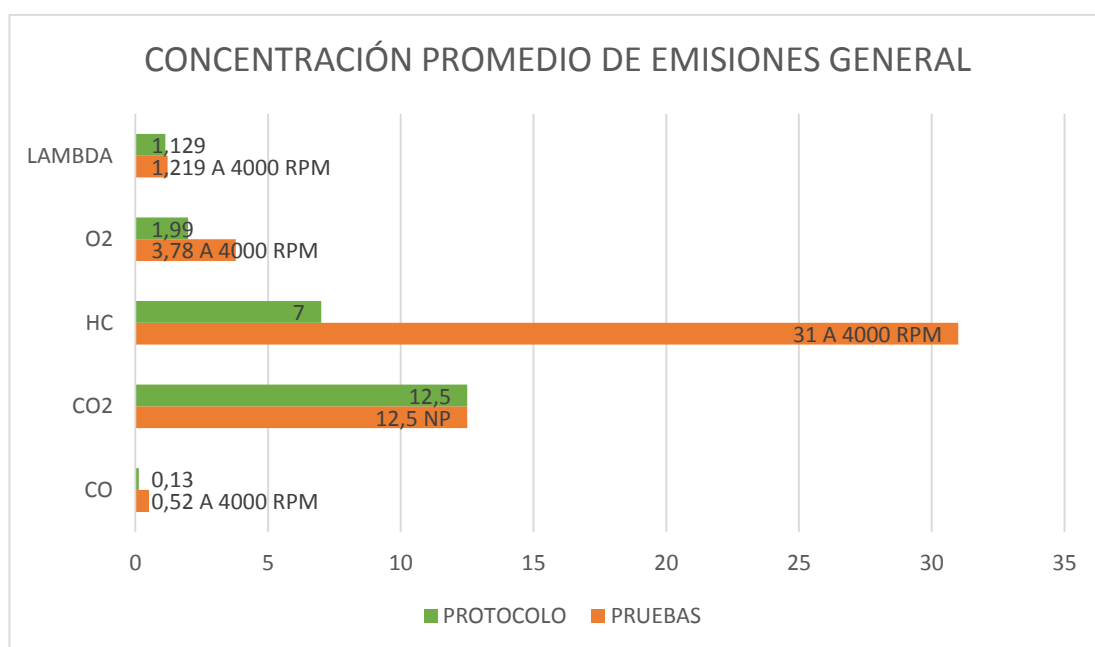


Figura 89 Comparación de emisiones general Chevrolet Aveo

La Figura 89 representa la comparación de valores máximos y mínimos de concentraciones promedio de emisiones entre la totalidad de las pruebas y el protocolo de conducción eficiente.

En la concentración promedio de monóxido de carbono (CO), se puede ver que el valor máximo se obtuvo en la prueba a 4000 RPM con 0,52%, mientras que en la prueba de protocolo de conducción eficiente se obtiene 0,13%. Esto representa una reducción de 75% de la concentración promedio respecto a la concentración máxima.

En la concentración promedio de dióxido de carbono (CO₂), se puede ver que el valor máximo se obtuvo en la prueba de nivel profesional con 12,5% mientras que en la prueba de protocolo de conducción eficiente también se obtiene 12.5%, por lo que se determina que en ambas pruebas se emite la misma concentración promedio.

En la concentración promedio de hidrocarburos no combustionados (HC), se puede ver que el valor máximo se obtuvo en la prueba a 4000 RPM con 31 ppm, mientras que en la prueba de protocolo de conducción eficiente se obtiene 7 ppm. Esto representa una reducción de 77,41% de la concentración promedio respecto a la concentración máxima.

En la concentración promedio de oxígeno residual (O₂), se puede ver que el valor máximo se obtuvo en la prueba a 4000 RPM con 3.78%, mientras que en la prueba de protocolo de conducción eficiente se obtiene 1,99%. Esto representa una reducción de 47,35% de la concentración promedio respecto a la concentración máxima.

La mayor variación de factor lambda se obtuvo en la prueba a 4000 RPM con 1,219, mientras que en la prueba de protocolo de conducción eficiente se obtiene 1,129. Esto representa una reducción de 7,38 % en la variación de factor lambda respecto a la variación máxima.

CAPÍTULO VII

7 MARCO ADMINISTRATIVO

7.1 Recursos

La realización de la investigación mencionada requiere de diferentes medios, infraestructura y equipos de vital importancia para alcanzar los objetivos y metas planteados. Estos recursos se dividen en varias categorías como son humanos, tecnológicos, materiales y financieros.

7.2 Recursos Humanos

Respecto a los recursos humanos empleados, se enuncian las diferentes personas que contribuyeron con su intelecto, experiencia y supervisión a lo largo de las diferentes fases de elaboración del proyecto de investigación titulado "ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES DE LOS AUTOMOTORES A GASOLINA DE LA ESCUELA DE CONDUCCIÓN PROFESIONAL ESPE LATACUNGA MEDIANTE LA PROPUESTA DE UN PROTOCOLO DE CONDUCCIÓN EFICIENTE"

Tabla 39
Recursos Humanos

Angel Marcelo López Mena	Investigador
Ing. Néstor Romero	Tutoría y asesoría general
Ing. Jorge Martínez	Asesoría en analizador de gases
Tec. Raúl Vallejo	Asesoría en analizador de gases
Ing. Marco Gallo	Instructor Escuela de Conducción
Sr. Miguel López	Financista del proyecto

7.3 Recursos Tecnológicos

Los recursos tecnológicos facilitan la realización de las tareas de observación, medición, análisis e interpretación de los fenómenos estudiados durante el proyecto de investigación.

Los equipos utilizados en el desarrollo del proyecto se describen a continuación:

Tabla 40
Recurso tecnológico - equipos

EQUIPO	FUNCIÓN
Interfaz escáner ELMScan 5 OBD II	Medición de consumo de combustible, registro de parámetros de funcionamiento del motor.
Escáner OBD II G-Scan 2	Revisión sistema de control de emisiones a bordo.
Analizador de gases CARTEK	Medición de gases contaminantes en prueba estática.
Analizador de gases QROTECH QGA6000	Medición de gases contaminantes en ciclo de conducción real.
Computadora Laptop Dell 15R Inspiron	Registro de datos generados por la Interfaz escáner ELMScan 5 OBD II
Cámara Sony S750	Captura de datos CAM 1
Cámara Sony W220	Captura de datos CAM 2
Cámara Sony s750	Captura de datos CAM 4
Cámara celular Samsung Galaxy S3 mini.	Captura de datos CAM 3

Junto con las herramientas tecnológicas, también se requiere software de control e interfaz con el técnico encargado de la realización del proyecto aquí se detalla a continuación:

Tabla 41
Recurso tecnológico - software

SOFTWARE	FUNCIÓN
OBD Wiz ELMScan 5 OBD II	Control de prueba de consumo de combustible, visualización de parámetros de funcionamiento de motor.
CARTEK	Control de prueba de emisiones de gases contaminantes en prueba estática.
CAMTASIA STUDIO 8	Captura de pantalla en video de prueba de consumo de combustible y parámetros de funcionamiento de motor
SONY VEGAS PRO 12	Edición de video
Microsoft Office 2013 (Word – Excel – Power Point – Project)	Procesador de texto, tabulación, presentaciones y cronograma.

7.3.1 Costo de recurso tecnológico

En la tabla 4 se describen los costos de recursos tecnológicos utilizados.

Tabla 42
Costo de recurso tecnológico

Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
1	Interfaz escáner ELMScan 5 OBD II	85	85
1	Alquiler de Analizador de gases QROTECH QGA6000	1500	1500
1	Software CAMTASIA STUDIO 8	35	35
	Software SONY VEGAS PRO 12	65	65
TOTAL (USD)			\$1685

7.4 Recursos Materiales

Los recursos materiales son todos los elementos mecánicos y electrónicos que forman parte de la logística necesaria para la realización del proyecto de investigación, en general son insumos varios que comprenden desde material de oficina hasta herramientas.

Tabla 43
Recursos Materiales

ORDEN	RECURSO MATERIAL
1	Vehículo Chevrolet Sail 1.4
2	Vehículo Chevrolet Aveo Family 1.5
3	Multímetro
4	Inversor de voltaje
5	Soportes de cámara SONY con ventosa ajustable y tornillo de sujeción de 6 mm.
6	Amarras plásticas.
7	Cinta duct tape.
8	Manguera flexible de poliuretano de 6 mm de diámetro
9	Extensión USB de 2 m.
10	Spray limpia carburador
11	Filtro de aire

7.4.1 Costo recurso material

Tabla 44
Costo recurso material

Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo total
1	-	Inversor de voltaje	45	45
3	-	Soportes de cámara SONY con ventosa ajustable y tornillo de sujeción de 6 mm.	15	45
3	-	Amarras plásticas.	0,60	1,80
1	-	Cinta duct tape.	4,50	4,50
3	Metro	Manguera flexible de poliuretano de 6 mm de diámetro	4	12
1	Metro	Extensión USB de 2 m.	1,50	3
1	-	Spray limpia carburador	2,85	2,85
1	-	Filtro de aire	6,50	6,50
TOTAL (USD)				\$120,65

7.5 Presupuesto

El presupuesto es la referencia económica total, sumando los componentes de los recursos tecnológicos junto con los recursos materiales.

Tabla 45
Presupuesto

RECURSO	COSTO (USD)
Recursos Tecnológicos	1685
Recursos Materiales	120,65
TOTAL	1805,65

7.6 Financiamiento

El financiamiento de la investigación desarrollada fue proporcionado en su totalidad por parte del investigador.

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

Pruebas por cambio de marcha a distinto régimen de motor:

- Al realizar los cambios de marcha a 4000 RPM, el consumo de combustible se incrementa en 12,96% en el Chevrolet Sail y 19,17% en el Chevrolet Aveo, respecto a realizar los cambios de velocidad a 2000 RPM durante el ciclo de conducción de 25,55 Km.
- Las emisiones de gases contaminantes aumentan al realizar los cambios de marcha a 4000 RPM, alcanzando incrementos en la concentración promedio de CO en 54,28%, HC en 35,29% para el Chevrolet Sail y valores de CO en 50%, HC en 58,06% para el Chevrolet Aveo; respecto al realizar los cambios de marcha a 2000 RPM durante el ciclo de conducción de 25,55 Km.

Pruebas por nivel de experiencia del conductor

- La conducción de nivel estudiante consume una mayor cantidad de combustible alcanzando porcentajes de incremento de 10,42% para el Chevrolet Sail y 7,38% para el Chevrolet Aveo respecto a la conducción de nivel profesional durante el ciclo de conducción de 25,55 Km.
- Las emisiones de gases contaminantes aumentan en la conducción de nivel estudiante alcanzando incrementos en la concentración promedio de CO en 80%, HC en 42,85% para el Chevrolet Sail y valores de CO en 46,66%, HC en 33,33% para el Chevrolet Aveo; respecto a la conducción de nivel profesional durante el ciclo de conducción de 25,55 Km.

General

- El aumento de consumo de combustible y emisión de gases contaminantes es causado principalmente por el alto régimen de motor durante la conducción en la ruta establecida, en las pruebas de cambio de marcha a 4000 RPM y nivel

estudiante, esto incide de forma negativa en parámetros como mayor pérdida por fricción y consumo de potencia de sistemas auxiliares, barrido de mezcla durante traslape, extinción de llama, variación excesiva de carga calculada de motor, variación de lambda, tiempo total en que el control de mezcla entra en ciclo abierto y una alta velocidad de circulación.

- Una alta variación de velocidad de circulación que va desde 0 km/h hasta 38-55 km/h en un kilómetro de recorrido aumenta el consumo de combustible en 0,1 lt
- La variación excesiva de carga calculada de motor se presenta en periodos de aceleración brusca, picos de velocidad de circulación y velocidad de motor, esto provoca que la carga se situé en valores de 40 a 95% en un rango de revoluciones del motor de 1000 a 3600 RPM, lo que influye en el aumento del consumo de combustible.
- La concentración de CO₂ disminuye un promedio de 13,33% respecto de la máxima concentración en ambos vehículos, como resultado de conducir realizando los cambios de marcha a 4000 RPM o conducir con los hábitos y características de nivel estudiante, al ser un indicador de la eficiencia de la combustión indica que la mezcla aire combustible no ha logrado acercarse al valor estequiométrico.
- La concentración de oxígeno residual aumenta de la misma forma que lambda, esto indica la directa relación entre el contenido de oxígeno en los gases de escape y la mezcla aire combustible, se origina un aumento promedio de la concentración de O₂ de 4,02%, lambda promedio de 1.253 en el Chevrolet Sail y O₂ de 3,13%, lambda promedio de 1.182 en el Chevrolet Aveo.
- A mayor tiempo en segundos en que el control de mezcla entre en ciclo abierto, el consumo de combustible aumenta, como se observa un aumento de 263 segundos en la prueba de nivel estudiante respecto a la prueba a 2000 RPM.
- Comparando las mediciones obtenidas entre ambos automóviles durante la realización de ambos tipos de pruebas, el vehículo Chevrolet Aveo consume en promedio 10,86% más combustible y emite más emisiones de gases contaminantes con una concentración promedio de CO de 50,6%, y HC de 49,65%; que el Chevrolet Sail, esto se debe principalmente a la diferencia en cilindraje de alrededor de 100 cc y 20 kg de peso bruto vehicular.

Protocolo de Conducción Eficiente:

- Limitando el cambio de marcha a 2000 RPM a todo momento permite que el vehículo acelere de forma gradual manteniendo el régimen motor a bajas revoluciones entre cambios, además que el vehículo mantenga una velocidad constante a lo largo de la ruta establecida; siendo este el principal factor que influye en la reducción de consumo de combustible y emisiones contaminantes.
- El protocolo de conducción eficiente reduce el consumo de combustible en un promedio general entre la totalidad de las pruebas de 8,45% en el Chevrolet Sail y 8,77%, en el Chevrolet Aveo.
- Las emisiones de gases contaminantes se reducen en concentración promedio general entre la totalidad de las pruebas de CO en 64,70%, HC en 28,20% para el Chevrolet Sail y valores de reducción de CO en 58,06%, HC en 64,55% para el Chevrolet Aveo al aplicar el protocolo de conducción eficiente.

8.2. Recomendaciones

- La evidencia gráfica contenida en los 10 videos de las pruebas de conducción contiene material experimental de gran valor para un futuro análisis y correlación entre los diferentes parámetros de funcionamiento del motor, comportamiento del vehículo y accionamiento específico del conductor al usar el automotor.
- Adaptar el protocolo de pruebas para su estudio en las camionetas a diésel que forman parte de la flota de vehículos de la Escuela de conducción, haciendo énfasis en la emisión de óxidos de nitrógeno NOx.
- Realizar pruebas usando el ciclo de conducción consumiendo el volumen existente en el tanque de combustible de forma progresiva hasta que solo quede 10% de contenido para encontrar una relación entre reducción de peso y consumo de combustible.
- Realizar las pruebas usando el mismo protocolo con diferentes estudiantes para obtener información más detallada de la variación de consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes de persona a persona.
- Agregar una variable más a la investigación al encender el aire acondicionado durante la ejecución de la prueba para establecer la influencia en el consumo y emisiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bell, G. (2002). *Modern Engine Tuning*. Washington: Haynes .
- Bosch, R. G. (2003). *Técnica de gases de escape para motores de gasolina*. Reverte.
- Bosch, R. G. (2005). *Manual de la Técnica del Automóvil*. Germany: Bosch Robert GmbH.
- Bridge Analyzers Inc. (16 de Marzo de 2016). *Setting up the Calibration Gas Tank and Regulator*. Obtenido de Bridge Analyzers - Instrumentation for Gas Analysis: http://www.bridgeanalyzers.com/wp-content/uploads/2016/07/01A_Modified-Lambda-Brettschneider.pdf
- Comvil. (23 de Noviembre de 2015). *Analizador de gases QROTECH*. Obtenido de MC Diagnóstico Automotriz: http://mcautomotriz.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=18&Itemid=19
- Continental, A. (22 de Enero de 2016). *Autos Aveo Family*. Obtenido de Chevrolet: <http://www.automotorescontinental.com.ec/index.php/aveo-family>
- Denton, T. (2012). *Advanced Automotive Fault Diagnosis*. New York: Routledge.
- Ecodrive. (18 de Noviembre de 2015). *Conducción Eficiente*. Obtenido de Ecodrive: http://www.ecodrive.org/en/home/conduccion_eficiente_el_concepto.htm
- Endtuning. (20 de Mayo de 2016). *Air fuel ratios and stoichiometry*. Obtenido de End Tuning: <http://www.endtuning.com/afr.html>
- Halderman, J., & Linder, J. (2011). *Automotive Fuel and Emissions Control System*. New Jersey: Prentice Hall.
- INER. (23 de Enero de 2015). *Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables*. Obtenido de Objetivos: <http://www.iner.gob.ec/objetivos/>
- J, B. T., S, L., S, M., & P, B. (2009). *A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions*. Department for Transport Clenaer Fuels & Vehicles.
- Konrad, R. (2014). *Gasoline Engine Management: Systems and Components BOSCH*. Berlin: Springer.
- Lambdapower. (20 de Mayo de 2016). *Closed and open loop*. Obtenido de Lambda Power: <http://www.lambdapower.co.uk/TechNotes/Tech-3.asp>
- Linio. (11 de Febrero de 2016). *Inversor de Corriente Dual*. Obtenido de Linio México: <https://media.linio.com.mx/p/truper-2747-5776701-1-product.jpg>
- Mafla, M., & Ortiz, M. (2007). *Metodología para certificar la calibración de Analizadores de gases y opacímetros*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

- Meganeboy, D. (20 de Mayo de 2016). *Gases de Escape y Sistemas Anticontaminación*. Obtenido de Aficionados a la Mecánica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>
- Natural Resources, C. (20 de Mayo de 2016). *Natural Resources Canada*. Obtenido de Fuel Efficient Driving Techniques: <http://www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency/transportation/cars-light-trucks/fuel-efficient-driving-techniques/7507>
- NTE INEN 2204. (23 de Enero de 2016). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2204:2002*. Obtenido de GESTIÓN AMBIENTAL.AIRE.VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2204.2002.pdf>
- Oncars. (20 de Mayo de 2016). *Future Audi's to help drivers anticipate traffic lights*. Obtenido de Oncars: <http://www.oncars.in/car-news/future-audis-to-help-drivers-anticipate-traffic-lights/11699>
- ONU. (3 de Enero de 2015). *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales*. Obtenido de Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>
- QROTECH. (2016). *Manual de Usuario Analizador QGA 6000*. Corea: QROTECH.
- SAE. (2006). *SAE J1979 APR 2002 E/E Diagnostic Test Modes*. SAE Standard.
- ScanTool. (23 de Enero de 2016). *ElmScan 5 Compact (USB) Scan Tool*. Obtenido de ScanTool.net: <https://www.scantool.net/elmscan5-compact/>
- Stone, R., & Ball, J. K. (2004). *Automotive Engineering Fundamentals*. Warrendale: SAE International.
- Toyocosta. (20 de Enero de 2015). *Tipos de conductores de autos*. Obtenido de Noticias Toyota: <http://www.toyocosta.com/blog/tipos-de-conductores-de-autos/>
- Toyota, T. T. (2007). *Combustion chemistry and emission analysis*. Tokyo: Toyota Training.

ANEXOS

ANEXO A

ANÁLISIS ECONÓMICO

Posteriormente a los resultados obtenidos de la investigación planteada, donde se comprueba que existe una reducción en el consumo de combustible y emisiones de gases contaminantes; también se realiza un análisis económico para calcular la proporción de ahorro para la logística de la Escuela de Conducción Espe Latacunga. Es importante hacer énfasis en que la cantidad de combustible reducida por prueba es pequeña, pero que a largo plazo durante el uso periódico del automotor junto con el protocolo de conducción eficiente se harán evidentes los potenciales beneficios en ahorro económico para la institución.

Costos de combustible por prueba

Con las cantidades de consumo en litros obtenidas en la prueba de nivel estudiante y en la prueba con el protocolo de conducción eficiente, se calcula el costo de combustible consumido por prueba, para esto se usan los siguientes datos:

- Gasolina Extra de 87 Octanos
- Precio en Comercializadora (Petrocomercial): \$1,48 por galón.

Usando la siguiente ecuación se obtiene:

$$X = C * \frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ lt}} * \frac{\$1,48}{1 \text{ gal}}$$

Donde:

X: Cantidad en dólares

C: Cantidad total de combustible [lt]

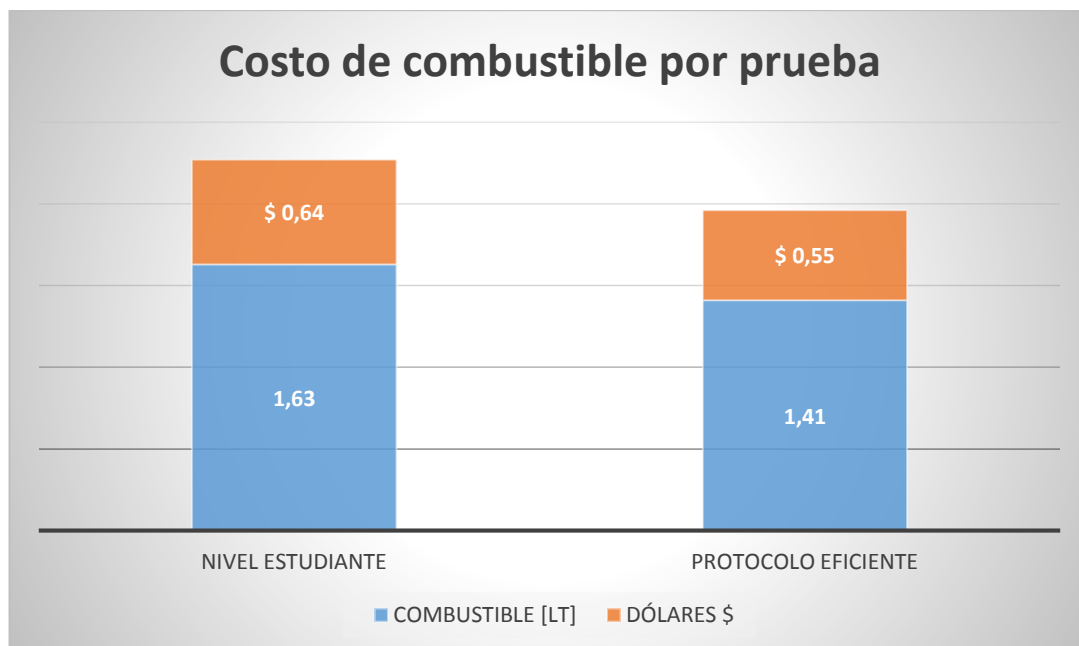


Figura 90 Costo de combustible por prueba

La Figura 90 muestra la cantidad de combustible consumida en litros en las pruebas de nivel de experiencia de conductor de nivel estudiante y protocolo de conducción eficiente, junto con el costo calculado por prueba.

El costo del combustible consumido en la prueba de nivel estudiante es de \$0.64, mientras que en la prueba con el protocolo de conducción eficiente es de \$0.55. Esto representa una reducción de \$0.09 por prueba.

Costo en dólares a largo plazo



Figura 91 Costo en dólares a largo plazo

La Figura 91 representa el costo en dólares calculado a largo plazo usando el protocolo de conducción eficiente. Al empezar por el costo por prueba de \$0,09 centavos, se multiplica esta cantidad por el número de veces que el automotor sale en un recorrido con cada estudiante en su hora de conducción práctica que es 6 veces, dando un total de \$0.54 centavos de ahorro por día, multiplicando esta cantidad por 5 días de la semana se obtiene \$2.70 y finalmente multiplicando por la duración total del curso de capacitación que es de 3 semanas, se obtiene \$8.10 de ahorro total.

COSTO POR LLENADO DE TANQUE



Figura 92 Costo de llenado por tanque Chevrolet Sail

La Figura 92 representa el costo por llenado de tanque a largo plazo por la totalidad del curso de conducción de 3 semanas en el vehículo Chevrolet Sail. La capacidad total del tanque de combustible es de 42 lt o 11,09 galones, multiplicando por el costo en dólares por galón de \$1,48; se obtiene que se necesitan \$16.41 para llenar el tanque de combustible. En porcentaje, se deduce que aplicando el protocolo de conducción eficiente se obtiene un ahorro en el llenado del tanque de combustible de 49.36% lo que representa un costo de \$8.1 dólares.

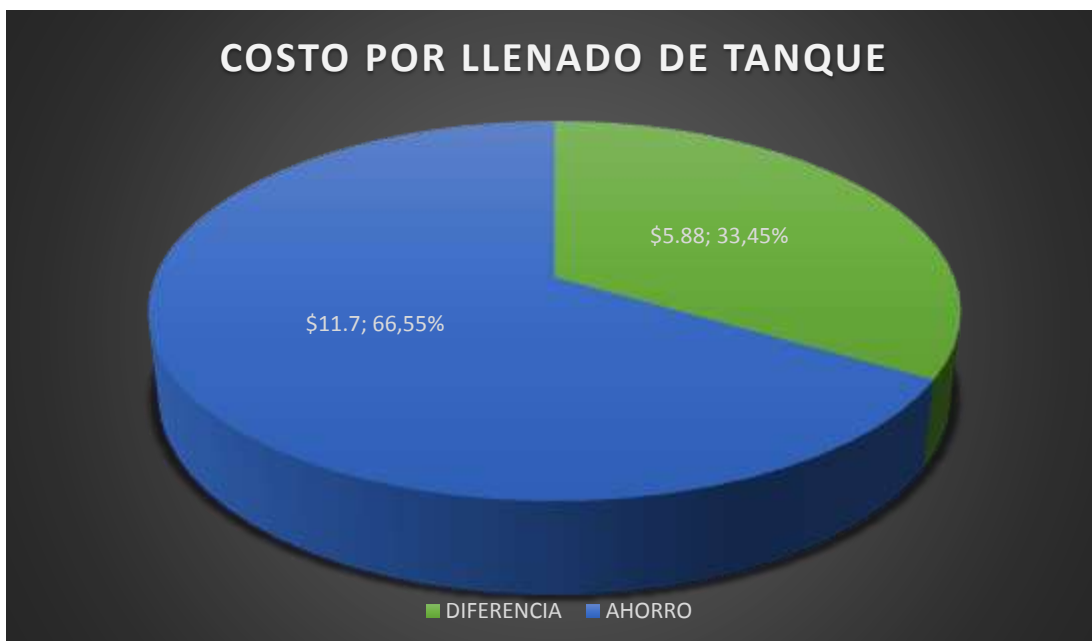


Figura 93 Costo de llenado por tanque Chevrolet Aveo

La Figura 93 representa el costo por llenado de tanque a largo plazo por la totalidad del curso de conducción de 3 semanas en el vehículo Chevrolet Aveo. La capacidad total del tanque de combustible es de 45 lt o 11,88 galones, multiplicando por el costo en dólares por galón de \$1,48; se obtiene que se necesitan \$17.58 para llenar el tanque de combustible. En porcentaje, se deduce que aplicando el protocolo de conducción eficiente se obtiene un ahorro en el llenado del tanque de combustible de 66.55% lo que representa un costo de \$11.7 dólares.



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: **ANGEL MARCELO LÓPEZ MENA.**

En la ciudad de Latacunga, a los **09 días del mes de Diciembre del 2016.**


Ing. Néstor Romero
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:


Ing. Víctor Danilo Zambrano
DIRECTOR DE CARRERA


Dr. Juan Carlos Díaz Álvarez
SECRETARIO ACADÉMICO

