



**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: “DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS  
MECÁNICOS Y TÉRMICOS CARACTERÍSTICOS DE  
DESEMPEÑO DEL MOTOR E-TEC II DEL VEHÍCULO  
CHEVROLET AVEO ACTIVO 1600 C.C., AL UTILIZAR  
DIVERSOS TIPOS DE ADITIVOS EN COMBUSTIBLES  
COMERCIALES”**

**AUTORES: ANDRÉS BARRENO ESPINOZA  
DARWIN WLADIMIR CRUZ GALLO**

**DIRECTOR: ING. LUIS MENA**

**2017**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **CERTIFICADO**

Certifico que el trabajo de titulación, “DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS MECÁNICOS Y TÉRMICOS CARACTERÍSTICOS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR E-TEC II DEL VEHÍCULO CHEVROLET AVEO ACTIVO 1600 C.C., AL UTILIZAR DIVERSOS TIPOS DE ADITIVOS EN COMBUSTIBLES COMERCIALES” realizado por los señores ANDRÉS BARRENO ESPINOZA y DARWIN WLADIMIR CRUZ GALLO, 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 las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores ANDRÉS BARRENO ESPINOZA y DARWIN WLADIMIR CRUZ GALLO para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 25 febrero del 2017



---

Ing. Luis Mena  
**DIRECTOR**



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

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, ANDRÉS BARRENO ESPINOZA, con cédula de identidad N°1718379926 y DARWIN WLADIMIR CRUZ GALLO, con cédula de identidad N° 1721892246, declaramos que este trabajo de titulación "*DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS MECÁNICOS Y TÉRMICOS CARACTERÍSTICOS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR E-TEC II DEL VEHÍCULO CHEVROLET AVEO ACTIVO 1600 C.C., AL UTILIZAR DIVERSOS TIPOS DE ADITIVOS EN COMBUSTIBLES COMERCIALES*" ha sido elaborado con 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 nuestra autoría en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 25 febrero del 2017



**ANDRÉS BARRENO ESPINOZA**

**C.C: 1718379926**



**DARWIN WLADIMIR CRUZ GALLO**

**C.C: 1721892246**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

### **AUTORIZACIÓN**

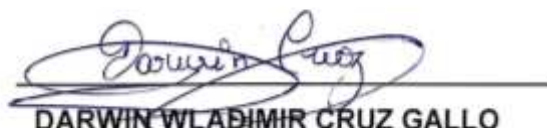
Nosotros *ANDRÉS BARRENO ESPINOZA* y *DARWIN WLADIMIR CRUZ GALLO*, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “*DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS MECÁNICOS Y TÉRMICOS CARACTERÍSTICOS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR E-TEC II DEL VEHÍCULO CHEVROLET AVEO ACTIVO 1600 C.C., AL UTILIZAR DIVERSOS TIPOS DE ADITIVOS EN COMBUSTIBLES COMERCIALES*” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 25 febrero del 2017



**ANDRÉS BARRENO ESPINOZA**

**C.C: 1718379926**



**DARWIN WLADIMIR CRUZ GALLO**

**C.C: 1721892246**

## **DEDICATORIA**

A mis padres, que son el eje fundamental de mi vida brindándome su apoyo incondicionalmente en cada paso de mi vida, con su amor, sus consejos y sabiduría para poder alcanzar este paso importante en mi formación profesional, para ustedes mi esfuerzo.

A mis hermanos que siempre creyeron en mí, estando conmigo en los momentos buenos y malos, poniendo el ejemplo para que yo pueda superarme y alcanzar una meta más en mi formación profesional.

A mis sobrinos, a mi novia y a la manada de lobos de la casa azul que con su cariño y locuras han logrado brindarme fuerzas y ánimo para culminar este proyecto de la mejor manera.

**Andrés Barreno Espinoza**

## **DEDICATORIA**

Primero quiero dedicar mi proyecto a mis padres que con sus enseñanzas me ayudaron a seguir adelante, y con su amor y valores, me dieron la fuerza para culminar con éxito mi carrera

Dedico también a mis hermanas porque con su cariño me alentaron y respaldaron en todas mis decisiones

A mi novia por su apoyo incondicional y su ayuda en todos los ámbitos de mi vida

A la manada de lobos de la casa azul, por su amistad.

**Darwin Wladimir Cruz Gallo**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por ser el pilar fundamental en mi vida, brindándome amor, paciencia, por todo el apoyo recibido, cariño y su amistad incondicional.

A mis hermanos que me han dado un buen ejemplo para ser una persona de bien.

A mis sobrinos, por hacerme la vida más alegre, y enseñarme que hay razones para luchar

A mi novia por su apoyo incondicional

A la manada de lobos y a mi compañero de tesis, que han sido como una familia e mi estadía en la universidad.

A mis maestros que supieron formarme, brindando sus conocimientos y experiencias, de manera especial al Ing. Germán Erazo, Ing. Luis Mena que con su colaboración ayudo a la realización de este proyecto de titulación.

**Andrés Barreno Espinoza**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por apoyarme en mi camino, y ser el pilar fundamental en mi vida, brindándome amor, paciencia, por todo el apoyo recibido.

A mis hermanas que con su amor, y consejos me han sabido llevar por el buen sendero.

A mi novia por su apoyo incondicional

A la manada de lobos y a mi compañero de tesis, que han sido como una familia e mi estadía en la universidad.

A mis maestros que supieron formarme, brindando sus conocimientos y experiencias, de manera especial al Ing. Germán Erazo, Ing. Luis Mena que con su colaboración ayudo a la realización de este proyecto de titulación.

**Darwin Wladimir Cruz Gallo**



## ÍNDICE

<b>PORTADA.....</b>	<b>I</b>
<b>CERTIFICADO .....</b>	<b>II</b>
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>III</b>
<b>AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VII</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>PRESENTACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>4</b>
<b>1. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.1. Antecedentes .....	4
1.2. Planteamiento del problema .....	6
1.3. Descripción resumida del proyecto .....	8
1.4. Justificación e importancia .....	9
1.5. Interés de la investigación.....	9
1.5.1. Utilidad teórica .....	10
1.5.2. Utilidad práctica .....	10
1.5.3. Utilidad metodológica.....	10
1.5.4. Factibilidad.....	10
1.6. Objetivos .....	11
1.6.1. Objetivo general.....	11

	X
1.6.2. Objetivos específicos .....	11
1.7. Metas .....	12
1.8. Hipótesis .....	12
1.9. Variables de la investigación.....	12
1.9.1. Variable independiente .....	12
1.9.2. Variable dependiente .....	12
1.10. Operacionalización de las variables .....	12
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>14</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1. Parámetros característicos del MCI .....	14
2.1.1. Torque o par motor .....	14
2.1.2. Potencia.....	16
2.1.3. Potencia efectiva .....	18
2.1.4. Consumo específico de combustible .....	18
2.2. Parámetros termodinámicos .....	21
2.2.1. Presión media efectiva.....	21
2.3. Emisiones contaminantes .....	22
2.3.1. Agua (H <sub>2</sub> O) .....	23
2.3.2. Oxígeno (O <sub>2</sub> ).....	23
2.3.3. Monóxido de carbono (CO).....	23
2.3.4. Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	24
2.3.5. Óxidos de nitrógeno.....	24
2.3.6. Hidrocarburos (HC).....	24
2.4. Combustibles .....	24
2.4.1. Gasolina.....	25

2.4.2.	Propiedades de la gasolina.....	26
2.4.3.	Poder calorífico.....	27
2.5.	Aditivos .....	28
2.5.1.	Características.....	28
2.6.	Aditivo Quaker State .....	29
2.6.1.	Descripción:.....	29
2.6.2.	Campo de aplicación: .....	30
2.6.3.	Propiedades y beneficios:.....	30
2.6.4.	Características:.....	31
2.7.	Aditivo Liqui Moly .....	31
2.7.1.	Descripción:.....	31
2.7.2.	Propiedades:.....	32
2.7.3.	Campo de aplicación: .....	32
2.7.4.	Características:.....	32
2.8.	Aditivo NOS .....	33
2.8.1.	Descripción:.....	33
2.8.2.	Beneficios: .....	34
2.8.3.	Campo de aplicación: .....	34
2.8.4.	Características:.....	35
2.9.	Dinamómetro de rodillos .....	35
2.9.1.	Elemento del dinamómetro de rodillos.....	36
2.9.2.	Características principales.....	37
2.9.3.	Control .....	37
2.10.	Analizador de gases .....	38
2.10.1.	Elementos del analizador de gases.....	39
2.10.2.	Características del analizador de gases.....	40

<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>41</b>
<b>3. PROTOCOLO DE PRUEBAS.....</b>	<b>41</b>
3.1. Metodología de desarrollo de la investigación .....	41
3.1.1. Métodos empleados en la investigación .....	41
3.2. Vehículo de practica CHEVROLET AVEO 1.6.....	42
3.2.1. Características por ficha técnica del vehículo.....	42
3.3. Volúmenes de mezclas requeridas .....	43
3.4. Protocolo de ensayo en el banco dinamométrico.....	44
3.5. Configuración del banco dinamométrico .....	46
3.5.1. Funciones software BLAHA .....	49
3.6. Uso de la bomba calorimétrica adiabática .....	51
3.6.1. Protocolo de bomba calorimétrica adiabática .....	51
3.7. Protocolo de ensayo analizador de gases .....	54
3.8. Protocolo del software OBDwiz.....	57
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>60</b>
<b>4. ANÁLISIS DE RESULTADOS EN BASE A ENSAYOS</b>	
<b>    DINAMOMÉTRICOS, QUÍMICOS, Y GASES. ....</b>	<b>60</b>
4.1. Tabulación de resultados .....	60
4.1.1. Tabulación de curvas de rendimiento .....	60
4.1.2. Tabulación del análisis de gases de escape.....	78
4.1.3. Tabulación de las pruebas de consumo de combustible .....	79
4.1.4. Tabulación de pruebas de poder calorífico de las muestras.....	80
4.2. Análisis de resultados .....	81
4.2.1. Curvas de rendimiento.....	81
4.2.2. Análisis de gases de escape .....	86

4.2.3. Consumo de combustible .....	93
4.2.4. Poder calorífico.....	94
4.3. Matematización de cálculos .....	95
4.3.1. Cálculo de potencia y consumo .....	95
4.3.2. Cálculo del consumo específico de combustible .....	95
4.4. Comparación de valores porcentuales.....	96
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>99</b>
<b>5. MARCO ADMINISTRATIVO .....</b>	<b>99</b>
5.1. Factibilidad de la investigación .....	99
5.2. Recursos.....	99
5.2.1. Recursos humanos.....	99
5.2.2. Recursos físicos .....	100
5.2.3. Recursos materiales .....	100
5.2.4. Recursos tecnológicos.....	101
5.3. Presupuesto del proyecto .....	101
5.4. Análisis de costo del proyecto.....	102
5.5. Análisis del costo beneficio .....	102
5.6. Cronograma .....	103
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>103</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>105</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>106</b>

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Planteamiento del problema .....	6
Figura 2: Curvas de rendimiento del motor .....	14
Figura 3: Par motor .....	15
Figura 4: Curva del par motor .....	16
Figura 5: Curva de potencia.....	17
Figura 6: Curva de consumo de combustible.....	21
Figura 7: Composición de los gases de escape .....	22
Figura 8: Quaker State Power Gas .....	29
Figura 9: Liqui Moly Octane Plus .....	31
Figura 10: NOS Octane Booster .....	33
Figura 11: Dinamómetro de rodillos .....	35
Figura 12: Software BLAHA.....	38
Figura 13: Analizador de gases AUTOplus KANE .....	39
Figura 14: Vehículo anclado, con difusor de gases .....	44
Figura 15: Ventilador en posición de enfriamiento .....	45
Figura 16: Conexión de interfaz.....	45
Figura 17: Conexión bomba de agua.....	46
Figura 18: Llave para regular carga .....	46
Figura 19: Inicio software Blaha.....	47
Figura 20: Selección banco de rodillos .....	47
Figura 21: Ventana de nueva tirada.....	47
Figura 22: Método de medición dinamométrico .....	48
Figura 23: Selección de inicio y corte de RPM.....	48
Figura 24: Calibración RPM motor.....	48
Figura 25: Ajuste A 3000 RPM.....	49
Figura 26: Curvas resultantes .....	49
Figura 27: Opciones de color de curvas .....	49
Figura 28: Datos meteorológicos .....	50
Figura 29: Tablas de valores.....	50
Figura 30: Comparación de curvas .....	50
Figura 31: Mediciones de muestra.....	51

Figura 32: Cordel de combustión .....	51
Figura 33: Gota de agua dentro de la bomba .....	52
Figura 34: Colocación de oxígeno.....	52
Figura 35: Bomba introducida para pruebas.....	53
Figura 36: Observación de temperaturas.....	53
Figura 37: Hoja de cálculo .....	54
Figura 38: Encendido de analizador de gases AUTOplus Kane .....	55
Figura 39: Conexión bluetooth analizador-computadora .....	55
Figura 40: Conexión sonda de muestro del analizador de gases .....	56
Figura 41: Calibración análisis de gases .....	56
Figura 42: Conexión del puerto OBD II .....	57
Figura 43: Conexión del vehículo con el computador .....	57
Figura 44: Configuración de combustible.....	58
Figura 45: Tablero de instrumentación .....	58
Figura 46: Resultados obtenidos .....	59
Figura 47: Comparación de curvas de potencia con combustible súper .....	61
Figura 48: Comparación de curvas de torque con combustible súper .....	61
Figura 49: Comparación de curvas de potencia con combustible súper y aditivo Nos .....	62
Figura 50: Comparación de curvas de torque con combustible súper y aditivo Nos .....	63
Figura 51: Comparación de curvas de potencia con combustible súper y aditivo Liqui Moly.....	64
Figura 52: Comparación de curvas de torque con combustible súper y aditivo Liqui Moly.....	64
Figura 53: Comparación de curvas de potencia con combustible súper y aditivo Bardahl .....	65
Figura 54: Comparación de curvas de torque con combustible súper y aditivo Bardahl .....	66
Figura 55: Comparación de curvas de potencia con combustible extra .....	67
Figura 56: Comparación de curvas de torque con combustible extra .....	67

Figura 57: Comparación de curvas de potencia con combustible extra y aditivo Nos .....	68
Figura 58: Comparación de curvas de torque con combustible extra y aditivo Nos .....	69
Figura 59: Comparación de curvas de potencia con combustible extra y aditivo Liqui Moly.....	70
Figura 60: Comparación de curvas de torque con combustible extra y aditivo Liqui Moly.....	70
Figura 61: Comparación de curvas de potencia con combustible extra y aditivo Bardahl .....	71
Figura 62: Comparación de curvas de torque con combustible extra y aditivo Bardahl .....	72
Figura 63: Comparación de curvas de potencia con combustible ecopaís ..	73
Figura 64: Comparación de curvas de torque con combustible ecopaís.....	73
Figura 65: Comparación de curvas de potencia con combustible ecopaís y aditivo Nos .....	74
Figura 66: Comparación de curvas de torque con combustible ecopaís y aditivo Nos .....	75
Figura 67: Comparación de curvas de potencia con combustible ecopaís y aditivo Liqui Moly.....	76
Figura 68: Comparación de curvas de torque con combustible ecopaís y aditivo Liqui Moly.....	76
Figura 69: Comparación de curvas de potencia con combustible ecopaís y aditivo Bardahl.....	77
Figura 70: Comparación de curvas de torque con combustible ecopaís y aditivo Bardahl .....	78
Figura 71: Parámetros del analizador de gases.....	79
Figura 72: Análisis de potencia entre tipos de combustible .....	82
Figura 73: Análisis de potencia entre combustible súper con aditivos .....	82
Figura 74: Análisis de potencia entre combustible extra con aditivos .....	83
Figura 75: Análisis de potencia entre combustible ecopaís con aditivos .....	83
Figura 76: Análisis de torque entre combustibles más aditivos.....	84



Figura 77: Análisis de torque entre combustible súper más aditivos .....	85
Figura 78: Análisis de torque entre combustible súper más aditivos .....	85
Figura 79: Análisis de torque entre combustible súper más aditivos .....	86
Figura 80: Análisis de gases de escape HC en combustible súper .....	87
Figura 81: Análisis de gases de escape CO en combustible súper .....	87
Figura 82: Análisis de gases de escape CO <sub>2</sub> en combustible súper .....	88
Figura 83: Análisis de gases de escape HC en combustible extra .....	89
Figura 84: Análisis de gases de escape CO en combustible extra .....	89
Figura 85: Análisis de gases de escape CO <sub>2</sub> en combustible extra .....	90
Figura 86: Análisis de gases de escape HC en combustible ecopaís .....	90
Figura 87: Análisis de gases de escape CO en combustible ecopaís .....	91
Figura 88: Análisis de gases de escape CO <sub>2</sub> en combustible ecopaís .....	92
Figura 89: Análisis consumo de combustible extra .....	93
Figura 90: Análisis consumo de combustible súper .....	93
Figura 91: Análisis consumo de combustible ecopaís .....	94
Figura 92: Análisis de poder calorífico .....	94
Figura 93: Comparación porcentual potencia .....	97
Figura 94: Comparación porcentual de torque .....	97
Figura 95: Comparación porcentual de poder calorífico .....	98
Figura 96: Cronograma de actividades .....	103

## TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de la variable independiente.....	12
Tabla 2: Operacionalización de la variable dependiente.....	13
Tabla 3: Propiedades de Tricarbonil-Metilciclopentadienil de Manganeso ..	30
Tabla 4: Características Quaker State Power Gas .....	31
Tabla 5: Características Liqui Moly Octane Plus.....	32
Tabla 6: Características NOS Octane Booster.....	35
Tabla 7: Características dinamómetro de rodillos MOTORROLL .....	37
Tabla 8: Características del analizador de gases AUTOplus KANE .....	40
Tabla 9: Ficha técnica Chevrolet Aveo Activo 1.6 2010.....	43
Tabla 10: Mezclas requeridas .....	43
Tabla 11: Valores obtenidos en pruebas estándar de combustible súper....	61
Tabla 12: Valores obtenidos con combustible súper con aditivo Nos .....	62
Tabla 13: Valores obtenidos con combustible súper con aditivo Liqui Moly	63
Tabla 14: Valores obtenidos con combustible súper con aditivo Bardahl ....	65
Tabla 15: Valores obtenidos en pruebas estándar de combustible extra.....	66
Tabla 16: Valores obtenidos de combustible extra con aditivo Nos .....	68
Tabla 17: Valores obtenidos de combustible extra con aditivo Liqui Moly ...	69
Tabla 18: Valores obtenidos de combustible extra con aditivo Bardahl .....	71
Tabla 19: Valores obtenidos en pruebas estándar de combustible ecopaís	72
Tabla 20: Valores obtenidos de combustible ecopaís con aditivo Nos .....	74
Tabla 21: Valores obtenidos de combustible ecopaís con aditivo Liqui Moly	75
Tabla 22: Valores obtenidos de combustible ecopaís con aditivo Bardahl ..	77
Tabla 23: Tabulación de las pruebas de análisis de gases de escape .....	78
Tabla 24: Tabulación de consumo de combustible .....	80
Tabla 25: Tabulación de poder calorífico de las mezclas .....	80
Tabla 26: Análisis de Potencia (Hp) .....	81
Tabla 27: Análisis de Torque (Kgm).....	84
Tabla 28: Comparación porcentual de la potencia.....	96
Tabla 29: Comparación porcentual de Torque .....	97
Tabla 30: Recursos humanos .....	99
Tabla 31: Recursos físicos.....	100
Tabla 32: Recursos materiales .....	100
Tabla 33: Recursos tecnológicos .....	101
Tabla 34: Costos recursos tecnológicos .....	101
Tabla 35: Presupuesto del proyecto .....	102

**TABLA DE ECUACIONES**

Ecuación 1: Cálculo de torque .....	15
Ecuación 2: Cálculo de la potencia .....	16
Ecuación 3: Cálculo de la potencia .....	17
Ecuación 4: Cálculo de potencia efectiva .....	18
Ecuación 5: Cálculo del consumo específico de combustible .....	18
Ecuación 6: Cálculo método volumétrico .....	20
Ecuación 7: Cálculo presión media efectiva .....	21
Ecuación 8: Potencia .....	95
Ecuación 9: Consumo de combustible teórico .....	95
Ecuación 10: Consumo específico de combustible .....	96

## **RESUMEN**

Por medio de avances en la industria automotriz se requiere encontrar técnicas que permitan mejorar la calidad de los combustibles de tal manera que estos permitan tener una mejor combustión en los motores, y a su vez mejorar su potencia, torque y consumo de combustible, de tal forma que también sean más amigables con el medio ambiente, por lo cual las empresas se han dedicado al estudio de los aditivos, que junto con la gasolina van a lograr cumplir con los propósitos nombrados, proporcionando una combustión más eficiente y a su vez brindando el cuidado del motor debido a las contra explosiones que suceden en el mismo cuando el combustible es de mala calidad, estos aditivos aumentan el octanaje que es la propiedad auto detonante de la gasolina, con esto se va a conseguir alargar y mejorar los parámetros característicos de los vehículos. Los aditivos que se han utilizado en los combustibles comerciales del país van a ser evaluados en el motor E-TEC II del vehículo CHEVROLET AVEO 1.6 para investigar la influencia en los parámetros característicos del motor de combustión interna. Dentro de este proyecto se realizará un análisis de los parámetros característicos del motor tales como: potencia, torque, consumo de combustible, así también como el análisis de gases, y el poder calorífico de las mezclas, marcando las diferencias entre las pruebas estándar y las pruebas con los distintos aditivos.

### **PALABRAS CLAVE**

- **MOTOR DE COMBUSTION INTERNA**
- **COMBUSTIBLES**
- **GASOLINA - ADITIVOS**
- **MOTOR E-TEC II**
- **CHEVROELT AVEO**
- **GASES CONTAMINANTES**

## **ABSTRACT**

Through advances in the automotive industry it is necessary to find techniques that allow to improve the quality of the fuels in such a way that they do not allow better combustion in the engines, and in turn improve their power, torque and fuel consumption, such Form that is also more friendly with the environment, reason why the companies have been dedicated to the study of the additives, that along with the gas of a fulfillment to fulfill the appointed purposes, providing a more efficient combustion and at the same time providing the Motor care Because of the explosions that occur in the same when the fuels are of poor quality, these addicts increase the octane rating that is the property the gasoline auto detonator, with the estólo to get the lengthening and improve the parameters characteristic of our vehicles. The additives that have been used in our country's commercial fuels are evaluated in the E-TEC II engine of the CHEVROLET AVEO 1.6 vehicle to investigate the influence on the characteristic parameters of the internal combustion engine. Within this project, perform an analysis of the characteristic parameters of motor stories such as: power, torque, fuel consumption, as well as gas analysis, and the calorific value of the mixtures, marking the differences between standard tests and Tests with the different additives.

### **KEY WORDS:**

- **INTERNAL COMBUSTION ENGINE**
- **COMBUSTIBLES**
- **GASOLINE - ADDITIVES**
- **E-TEC II ENGINE**
- **CHEVROELT AVEO**
- **POLLUTING GASES**

## PRESENTACIÓN

La investigación “DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS MECÁNICOS Y TÉRMICOS CARACTERÍSTICOS DE DESEMPEÑO DEL MOTOR E-TEC II DEL VEHÍCULO CHEVROLET AVEO ACTIVO 1600 C.C., AL UTILIZAR DIVERSOS TIPOS DE ADITIVOS EN COMBUSTIBLES COMERCIALES” se fundamenta en analizar los tributos de los aditivos en los combustibles comerciales del país.

La industria automotriz tiene la necesidad de encontrar métodos que puedan ayudar a mejorar la calidad del combustible con lo cual se pueda mejorar parámetros característicos de los motores tales como: potencia, torque, consumo de combustible, así también como mejorar la calidad de los gases de escape provenientes de la combustión, investigar técnicas que permitan mejorar la potencia, torque y el consumo de combustible, así como también la reducción de las emisiones contaminantes, mejorando la calidad del aire.

Los aditivos con propiedades de aumentar el octanaje se han convertido en pequeñas soluciones a los problemas de combustible de mala calidad, ya que estos ayudan a mejorar los parámetros característicos del motor, y lo cuidan para que no exista auto detonación en la cámara de combustión, ayudando también a reducir los gases contaminantes que van al ambiente, mejorando la combustión del vehículo.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Antecedentes

La constante evolución en la industria automotriz va creando diferentes formas para mejorar los parámetros mecánicos y térmicos característicos, que van a determinar en el desempeño del motor de combustión interna, con el pasar de los años han logrado mejorar las condiciones de funcionamiento de los vehículos aumentando su potencia y reduciendo el consumo de combustible así también como disminuyendo los niveles de contaminación que estos motores arrojan al ambiente.

(Silverio R, 2015) manifiesta “Tal vez de los más conocidos en el mercado, son aquellos aditivos que tienen dos funciones primordiales, la primera es incrementar la potencia al subir el octanaje de la gasolina y el de limpieza, evitando que se formen sedimentos en el tanque y limpiando los inyectores. El usar un aditivo que brinde mejor octanaje no necesariamente significa que se busque más potencia, sino que este tipo de líquidos también pueden mejorar la calidad de la gasolina, resultando así en una mejor combustión y calidad de marcha”.

Los aditivos han sido utilizados en los combustibles para mejorar sus propiedades asegurando el correcto funcionamiento de los motores de combustión interna en los diferentes vehículos así también como para limpiar los conductos pertenecientes al sistema de inyección de combustible del vehículo.

(Lubrizol, 2016) expresa que “ofrece una amplia experiencia y conocimiento en la industria ofreciendo aditivos para gasolina de avanzada para poder diseñar paquetes de rendimiento que ofrecen ventajas diversas. Ahorro de combustible, menos emisiones, restauración de la potencia, compatibilidad con el etanol, facilidad de conducción, son sólo algunas de las demandas de los conductores actuales, y sólo algunos de los muchos beneficios de las avanzadas tecnologías de los aditivos”.

El diario El Comercio el 21 de Mayo del 2014, manifiesta que: desde el 1 de junio del 2014 se aprobó la baja en el octanaje del combustible, debido a que la estatal Petroecuador, encargada del transporte y refinamiento de crudo, ya anunció que por motivo de la rehabilitación del complejo refinador solicitó al Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) que autorice la variación de hasta dos octanos en las gasolinas extra y súper. Es decir, se aprobó que la gasolina súper disminuyera su calidad de 92 a 90 octanos y la extra de 87 a 85 octanos. El octanaje es la capacidad antidetonante de la gasolina cuando se comprime dentro del cilindro del motor. Mientras mayor es la eficiencia y potencia de un motor y su tecnología es más avanzada, mayor también será el octanaje requerido para un buen funcionamiento del motor. Pero cuando el motor de un vehículo usa una gasolina de menor octanaje a la que demanda el fabricante, el motor puede sufrir detonaciones prematuras no deseadas, lo que se conoce como cascabeleo.

(Yáñez E, 2014), señaló que por la reducción del octanaje sí habrá un mayor esfuerzo del motor, lo cual se reflejará en una pérdida de potencia. Esto implicará que el rendimiento del combustible podría reducirse en un 5%, con un combustible de menor octanaje, la combustión es deficiente dentro de los cilindros de los motores de los vehículos y hay hidrocarburos contaminantes que se emiten al ambiente. Coincidió en que habrá un menor rendimiento de las gasolinas por kilómetros recorridos. Es decir, se puede cargar la misma cantidad y durará menos tiempo o menos kilómetros. “Eso se notará en un tiempo prudencial”.

En el país existen normas que regulan las emisiones de vehículos y las



características que deben cumplir los combustibles en Ecuador.

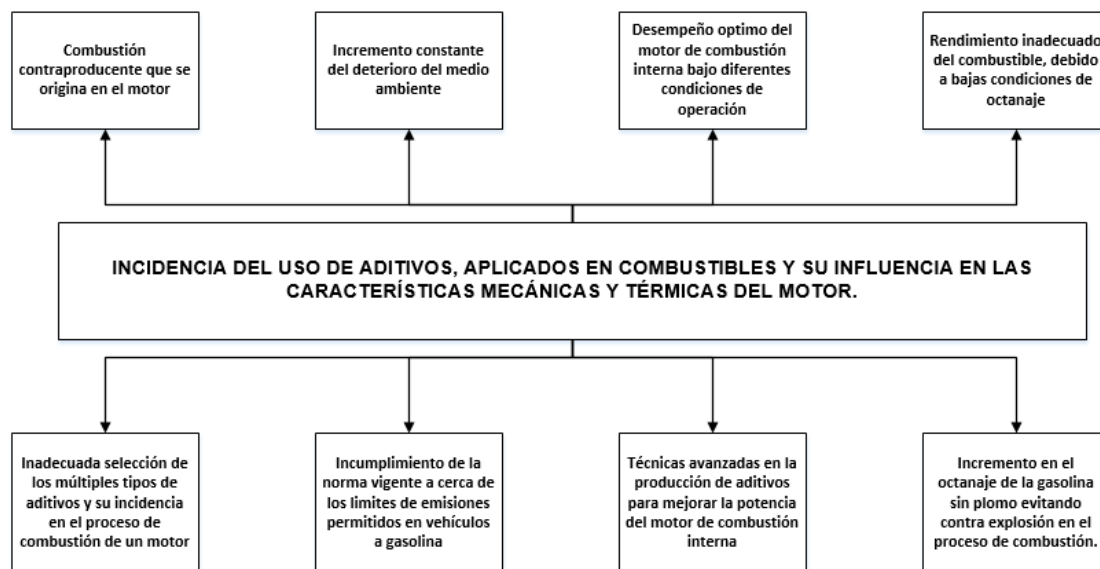
NTE INEN 2203:2000, GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.

NTE INEN 2204:2002, GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.

INEN 017:2008, CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES.

NTE INEN 935:2010, GASOLINA. REQUISITOS

## 1.2. Planteamiento del problema



**Figura 1: Planteamiento del problema**

El proyecto se basa en la investigación de la incidencia del uso de aditivos, aplicados en combustibles y su influencia en las características mecánicas y térmicas del motor.

La inadecuada selección de los múltiples tipos de aditivos y su incidencia dentro del proceso de combustión del motor de combustión interna incide en el rendimiento de los motores puesto que estos pueden ayudar a mejorar las prestaciones del combustible haciéndolos más nobles para el motor del vehículo que puede funcionar de mejor manera.

El incumplimiento de la norma vigente acerca de límites de emisiones permitidos en un vehículo a gasolina contribuye al incremento constante del deterioro del medioambiente, por el exceso de gases nocivos que salen al ambiente por la mala combustión que existe dentro del motor y por la mala calidad de la gasolina dentro del país.

Con la ayuda de las avanzadas técnicas de producción de aditivos de combustible se puede mejorar el desempeño de los motores de combustión interna ya que estos pueden ayudar a mejorar o a complementar propiedades del combustible que va a beneficiar el desarrollo mecánico y térmico del motor.

La aplicación de distintos aditivos en el combustible comercial servirá para mejorar la potencia en el motor de combustión interna así como dar recomendaciones de uso en el campo automotriz para los diferentes vehículos que lo utilicen ya que su uso depende del nivel de cuidados que quiera tener, pues eliminan las impurezas del sistema de combustión y de lubricación. El rendimiento del auto puede elevarse o compensarse con la utilización de productos químicos que mejoran las propiedades del combustible y del aceite, permitiendo que el auto desempeñe de mejor manera.

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

En la investigación “Determinación de los parámetros característicos de desempeño del motor E-TEC II de un vehículo Chevrolet Aveo activo 1600c.c., al utilizar diversos tipos de aditivos en combustibles comerciales” se considerará los siguientes aspectos:

Se recopilará información tomando en cuenta su procedencia considerando únicamente fuentes confiables como son: libros, tesis, manuales, fichas técnicas, normas y publicaciones gubernamentales.

Se investigará a cerca de los tipos de aditivos para combustible que ayuden al motor a desarrollar su potencia por medio del aumento del octanaje, así como también a reducir la contaminación del vehículo.

Se realizará las diferentes pruebas para determinar los parámetros mecánicos característicos (torque, potencia, consumo específico y contaminación) del motor E-TEC II del vehículo Aveo Activo con las mezclas de combustibles comerciales, más aditivos, mediante la utilización del dinamómetro de rodillos y el analizador de gases.

Se tabulará los datos obtenidos para generar un registro de las variaciones de los parámetros característicos del motor E-TEC II del vehículo Aveo Activo.

Se realizarán cálculos de rendimiento térmico que permitan obtener los parámetros de rendimiento del motor, torque, potencia, consumo de combustible y contaminación.

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

(Córdova F, 2016) manifiesta “en Ecuador la contaminación en el ambiente es producida en un 76% por vehículos que utilizan hidrocarburos de baja calidad, según la Dirección Nacional de Hidrocarburos de Ecuador, pensando en estos datos alarmantes no solo en el país sino también en el mundo, la industria automotriz ha ido desarrollando aditivos que pueden mejorar las características del combustible para los motores de combustión interna. Para poder mejorar la combustión y que esta sea beneficiosa tanto para la vida útil del motor como también para el cuidado del ambiente”.

El avance tecnológico en el campo automotriz hace que se esté a la par con las nuevas tecnologías y que se puedan brindar diversos aditivos que son agregados a un producto para mejorar las propiedades del combustible en los diversos vehículos.

El aporte de esta investigación permitirá obtener parámetros validos acerca de los aditivos en el combustible del vehículo Chevrolet Aveo activo 1600c.c., con el fin de alcanzar un desempeño óptimo del motor a combustión, y a su vez el correcto funcionamiento de los motores.

En las condiciones medio ambientales de sebe alcanzar un desempeño óptimo del motor a combustión interna y a su vez lograr una reducción de emisiones dentro de las pautas establecidas por las normas ecuatorianas INEN 2204:2002 e INEN 017:2008.

#### **1.5. Interés de la investigación**

Esta investigación va dirigida a los usuarios de vehículos que tienen la necesidad de incrementar el octanaje en el combustible por medio de aditivos, que van a ayudar a mejorar el rendimiento del motor en especial cuando estos son utilizados para competencias y es necesario un combustible de buena

calidad, así también para cuidar el motor del automóvil.

#### **1.5.1. Utilidad teórica**

Al utilizar aditivos en el combustible se logra mejorar los parámetros característicos, es decir el torque y la potencia del automotor, reducir el consumo de combustible así como los índices de contaminación obtenidos por las emisiones que generan los vehículos.

#### **1.5.2. Utilidad práctica**

Al usar aditivos en la gasolina comercial se optimizó la potencia, torque, y el consumo de combustible, evitando así también el auto encendido del combustible en la cámara de combustión y así reduciendo los gases contaminantes como beneficio para el medio ambiente.

#### **1.5.3. Utilidad metodológica**

Los aditivos para vehículos gasolina van a mejorar el rendimiento del motor y se puede implementar en cualquier tipo de automotor que tenga como tipo de combustible la gasolina ofreciendo mayor eficiencia, además ofrece un amplio campo para las investigaciones futuras de hidrocarburos en vehículos.

#### **1.5.4. Factibilidad**

Existe un amplio mercado en Ecuador en lo referente a los aditivos para combustible, siendo los que ayudan al aumento de octanaje, por ello es importante tener información pertinente de los beneficios que se puede tener con el uso de los mismos, y debido a la baja calidad en combustibles que existen en el Ecuador la importancia de la investigación, es muy factible y fácil la comercialización de estos productos.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

- Determinar los parámetros mecánicos y térmicos característicos de desempeño del motor E-TEC II de un vehículo Chevrolet Aveo activo 1600c.c., al utilizar diversos tipos de aditivos en combustibles comerciales.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Buscar referencias bibliográficas a cerca de la variación de combustibles más aditivos y sus efectos en motores a combustión interna.
- Investigar distintos tipos de aditivos para combustible que aumenten el octanaje del combustible y ayuden a la disminución de la contaminación en motores de combustión interna.
- Realizar pruebas con proporciones de 50 litros de combustible por cada 300ml, de los tres tipos de aditivos a usarse en el motor E-TEC II de un vehículo Chevrolet Aveo activo 1600c.c.
- Determinar mediante pruebas en el dinamómetro de rodillos, los parámetros mecánicos y térmicos característicos del motor E-TEC II de un vehículo Chevrolet Aveo activo 1600c.c., antes y después del uso de aditivos para combustibles, para determinar los beneficios de los mismos.
- Tabular los datos obtenidos de las diferentes pruebas que se realicen en el dinamómetro de rodillos.

- Generar información con los resultados de los parámetros característicos del motor E-TEC II de un vehículo Chevrolet Aveo activo 1600cc, con las combinaciones de combustible – aditivos.

### **1.7. Metas**

Desarrollar una investigación que caracterice las ventajas del uso de aditivos colocados en el combustible comercial, del motor E-TEC II de un vehículo Chevrolet Aveo activo 1600cc para obtener sus máximas prestaciones.

### **1.8. Hipótesis**

La investigación relacionada al uso de aditivos permitirá obtener información validada de la influencia en los parámetros mecánicos y térmicos del motor E-TEC II de un vehículo Chevrolet Aveo activo 1600cc.

### **1.9. Variables de la investigación**

#### **1.9.1. Variable independiente**

- Aditivos comerciales.

#### **1.9.2. Variable dependiente**

- Características mecánicas y térmicas del motor E-TEC II.

### **1.10. Operacionalización de las variables**

#### **Tabla 1: Operacionalización de la variable independiente**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Un aditivo es una sustancia química agregada a un producto para mejorar sus propiedades.	Académico	Capacidad antidetonante	Octanos	Especificaciones	Protocolo de Pruebas
	Académico	Densidad relativa	g/ml	Especificaciones	Protocolo de Pruebas
	Académico	Punto de inflamación	°C	Especificaciones	Protocolo de Pruebas

**Tabla 2: Operacionalización de la variable dependiente**

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Son los indicadores del desempeño y rendimiento de un motor a combustión interna.	Curvas características del motor	Torque	Nm	Medición	Protocolo de Pruebas
		Potencia	W	Medición	Protocolo de Pruebas
		Consumo de combustible	gr/ kW .h	Medición Cálculo	Protocolo de Pruebas
	Contaminación	Niveles de Emisiones	ppm HC	Medición	Protocolo de Pruebas

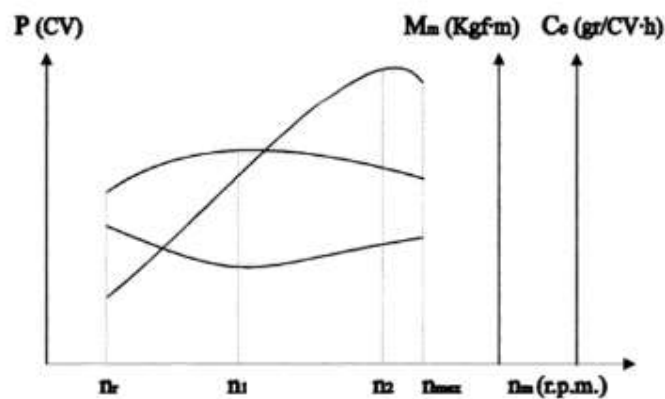


## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Parámetros característicos del MCI

(Alvarado A, 2004) manifiesta que: “Son curvas de rendimiento del motor o también llamadas curvas características del motor, estas muestran, a partir de la velocidad a la que funciona el motor, cuál es su potencia, cuál es su torque o par, y cuál es su consumo de combustible” (p. 72).



**Figura 2: Curvas de rendimiento del motor**

Fuente: (Calvo Martín & Miravete de Marco, 1997)

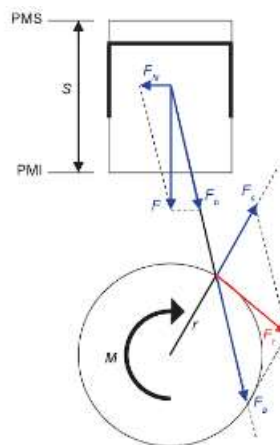
#### 2.1.1. Torque o par motor

(Alonso J, 1997) expresa: “El par de torsión es la fuerza de retorcer o girar que resulta de la presión de la combustión que empuja hacia abajo los pistones. Cuando un pistón está moviéndose hacia abajo en la carrera de potencia, esta fuerza actúa por medio de la biela y se convierte en el par de

torsión del cigüeñal. Mientras más elevada sea la eficiencia volumétrica y más elevada sea la presión de combustión, mayor será el par de torsión” (p. 267).

El par depende de dos factores:

- Fuerza de explosión sobre el pistón.
- Longitud del codo del cigüeñal, sobre quien actúa la fuerza.



**Figura 3: Par motor**

**Fuente:** (González D, 2015).

(Bosch R, 2003) menciona que: “La magnitud física “par motor  $M$ ” es el producto resultante de multiplicar la fuerza  $F$  por el brazo de palanca  $s$ .” (p. 13).

$$M = F \times s \quad (1)$$

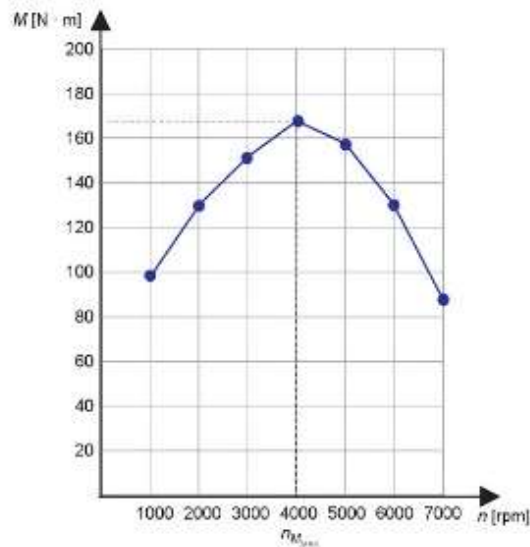
### **Ecuación 1: Cálculo de torque**

**Fuente:** (Bosch R, 2003).

#### **a. Curva de par motor**

(González D, 2015) indica que: “La curva del par a plena carga, ofrecida por el fabricante en las características técnicas del motor, se genera representando para todo el rango de revoluciones a las que puede funcionar el motor es el valor medio de par, estando en condiciones de plena carga, como se muestra en la figura 4, pudiéndose ver cual es el par máximo del

motor y a que régimen de giro lo da. Es evidente que el par motor variará en función a las revoluciones ya que no siempre el llenado del cilindro es el óptimo y tampoco la manera de producirse la combustión” (p.43).



**Figura 4: Curva del par motor**

**Fuente:** (González D, 2015).

### 2.1.2. Potencia

(Orivo M, 2010) expresa que: “La potencia resulta de realizar un trabajo (par) cronometrando el tiempo que se tarda en desarrollarlo. Los dos factores de los que depende la potencia de un automóvil son el par y el tiempo; es decir las rpm o veces que se aplica el par por minuto” (p. 114). De estas explicaciones se deduce que, conocidos los diferentes valores del par a sus respectivas RPM, la potencia resulta de la operación matemática pertinente, dada la fórmula 2:

$$P = T * \omega \quad (2)$$

**Ecuación 2: Cálculo de la potencia**

**Fuente:** (Orivo M, 2010).

Donde  $T$  es el par motor en (Nm),  $\omega$  es la frecuencia angular en radianes por segundo (rad/s) y  $P$  es la potencia, en Vatios (W) de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades.

(Bosch R, 2003) menciona que: “La potencia  $P$  suministrada por el motor aumenta a medida que se incrementa el par motor  $T$  y el número de revoluciones  $n$ , tiene validez la relación:” (p. 11).

$$P = 2 \times \pi \times n \times M \quad (3)$$

### Ecuación 3: Cálculo de la potencia

Fuente: (Bosch R, 2003).

#### b. Curva de potencia

(González D, 2015) manifiesta que: “La potencia obtenida a partir del freno dinamométrico del banco de pruebas se conoce como potencia efectiva del motor a un determinado régimen y carga del motor, siendo la potencia útil disponible en el cigüeñal.

La curva de potencia efectiva a plena carga que suele ofrecer el fabricante en las características técnicas del motor es la de la figura 5, de donde se puede extraer la potencia máxima que entrega el motor y a que régimen de giro lo hace” (p. 46).

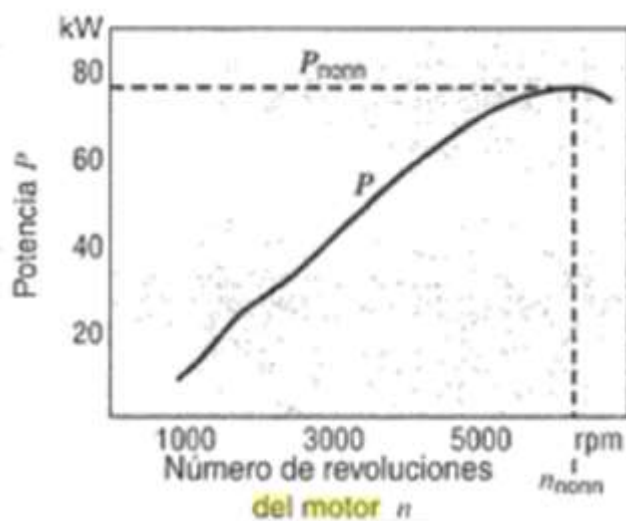


Figura 5: Curva de potencia

Fuente: (Bosch R, 2003).

### 2.1.3. Potencia efectiva

(Billiet W, 1979) expresa que: “También suele conocerse como potencia al freno y se define como la potencia disponible en el órgano de salida del motor, es decir en el volumen de inercia. Puede distinguirse entre potencia efectiva bruta y potencia efectiva neta” (p. 530).

$$N_e = \frac{2 * P_{me} * V_h * n * i}{10^3 \tau} \quad (4)$$

#### Ecuación 4: Cálculo de potencia efectiva

**Fuente:** (Mena, 2011).

Dónde:

$P_{me}$  Es la presión media efectiva ( $Pa$ )

$n$  Es la frecuencia de rotación del eje del cigüeñal ( $r.p.m$ )

$\tau$  Es el número de tiempos del motor

$V_h$  Es el volumen del trabajo del cilindro ( $m^3$ )

### 2.1.4. Consumo específico de combustible

(Bosch R, 2003) expresa: “El consumo específico de combustible indica la masa de combustible (en gramos) que necesita un motor de combustión para ejecutar un trabajo determinado (kW.h, kilovatio-hora). Esta magnitud, por tanto, enuncia más sobre el aprovechamiento de la energía del combustible que las indicaciones en l/h o l/100 km” (p. 14).

El cálculo del consumo de combustible se lo puede calcular con la ecuación 5:

$$c_e = \frac{\dot{m}_f}{N_e} \quad (5)$$

#### Ecuación 5: Cálculo del consumo específico de combustible

**Fuente:** (González D, 2015).

Dónde:

$c_e$  Es el peso específico, en  $\frac{gr}{kW-h}$

$\dot{m}_f$  Es la masa de combustible consumida por unidad de tiempo, en  $\frac{gr}{h}$

$N_e$  Es la potencia efectiva en  $kW$

El cálculo del consumo de combustible se lo puede realizar en un banco de pruebas y para calcular el consumo horario de combustible se utilizó dos métodos estos son el volumétrico y gravimétrico.

#### **a. Método volumétrico**

(González D, 2015) indica que: “Este método consiste en medir el tiempo necesario para consumir un volumen conocido de combustible, para ello es necesario una probeta graduada en paralelo con el depósito de combustible y un reloj” (p. 50).

El problema que presenta este tipo de medidores es que para obtener el consumo se necesita multiplicar su volumen por la densidad la cual dependerá de la temperatura la cual es variable y hace poco precisa la medición.

#### **b. Método gravimétrico**

(González D, 2015) expresa que: “Este método es utilizado para ensayos de certificación o cuando el banco de pruebas está destinado a la investigación y desarrollo del motor. Consiste en medir el tiempo empleado en consumir una masa conocida de combustible existente en una balanza de precisión” (p. 50).

A diferencia del método anterior este no se ve afectado por las variaciones de temperatura del combustible, que provocan por ende variaciones en su densidad.

En el caso de usar el método volumétrico el cálculo de consumo horario se realizará de la siguiente manera:

$$\dot{m}_f = \frac{V}{t} * \rho_e \quad (6)$$

**Ecuación 6: Cálculo método volumétrico**

**Fuente:** (González D, 2015).

Donde;

$\dot{m}_f$  Es la masa de combustible por unidad de tiempo *gr/h*.

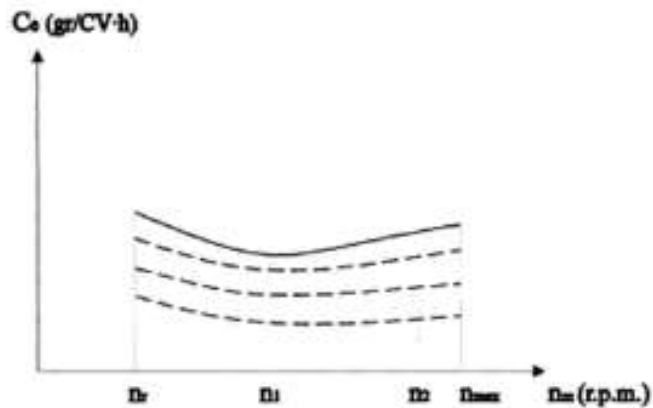
$V$  Es el volumen de la probeta, en *litros*.

$t$  Es el tiempo que tarda en vaciarse la probeta, en *horas*.

$\rho_e$  Es la densidad del combustible a utilizar en *gr/cm<sup>3</sup>*.

**c. Curva de consumo específico de combustible.**

(Calvo J y Miravete de Marco A, 1997) expresan que: “Las curvas de consumo específico de combustible se determinan experimentalmente, e indican el consumo instantáneo de combustible para el régimen completo de funcionamiento del motor para todas sus condiciones de carga. Las curvas de consumo específico de combustible siguen un comportamiento aproximadamente inverso a la curva de par, es decir, en las condiciones de máximo par consigue un consumo específico mínimo” (p. 80).



**Figura 6: Curva de consumo de combustible**

**Fuente:** (Calvo Martín & Miravete de Marco, 1997).

## 2.2. Parámetros termodinámicos

Los parámetros termodinámicos del motor hacen referencia a los valores de parámetros referentes al ciclo termodinámico que realiza el motor.

### 2.2.1. Presión media efectiva

(González D, 2015) menciona que: “Anteriormente se definió el concepto de presión media indicada, que era el valor de la presión media del cilindro a lo largo del ciclo. Pero esa presión media no se traduce directamente en trabajo debido a que parte de esa presión de los gases se invierte en vencer rozamientos, con lo cual, el parámetro que mide el nivel de aprovechamiento de la energía de los gases de la combustión es la presión media efectiva del motor” (p. 47).

Para calcular la presión media efectiva se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$pme = \frac{N_e}{V_T * n * i} \quad (7)$$

### **Ecuación 7: Cálculo presión media efectiva**

**Fuente:** (González D, 2015).



Donde;

$N_e$  Es la potencia efectiva en kW.

$V_T$  Es la cilindrada total del motor en  $cm^3$

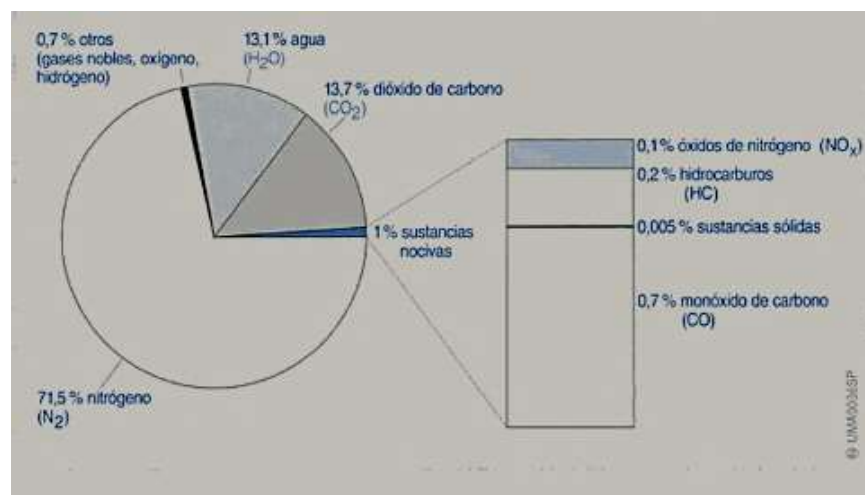
$n$  Régimen de giro del motor en rpm

$i$  Es el número de ciclos por cada revolución, siendo  $i = 1/2$  para motores de cuatro tiempos e  $i = 1$  para motores de dos tiempos.

### 2.3. Emisiones contaminantes

(Bosch R, 2003) expresa: “Con el creciente consumo de energía, que es cubierto ante todo por combustibles fósiles, se ha convertido la contaminación atmosférica en un grave problema. La calidad del aire que se respira depende de muchos factores de influencia. Además de la industria, hogares y centrales eléctricas, las emisiones producidas por el tráfico rodado son también de gran importancia” (p. 42).

En la figura 7 se muestra la composición de los gases de escape generados de la combustión.



**Figura 7: Composición de los gases de escape**

**Fuente:** (Bosch R, 2003).

En el Ecuador la norma que establece los límites permitidos de emisiones contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de gasolina es la NTE INEN 2204:2002. La cual muestra los límites máximos de emisiones permitidos (calidad de aire) según el año de fabricación y el tipo de prueba (estática o dinámica).

### **2.3.1. Agua (H<sub>2</sub>O)**

(Bosch R, 2003) expresa que: “El hidrógeno químicamente ligado contenido en el combustible se quema formando vapor de agua, que al enfriarse se condensa en su mayor parte. En días fríos es visible como nube de vapor que sale del tubo de escape. Su contenido de los gases de escape es aproximadamente de un 13,1%” (p. 43).

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

(González D, 2015) expresa que: “Forma parte del aire atmosférico en un 21% aproximadamente, es un gas incoloro, inodoro e insípido siendo necesario para la respiración y su presencia en los gases de escape es debida principalmente al funcionamiento con mezclas pobres, constituyendo un sobrante de la combustión” (p. 576).

### **2.3.3. Monóxido de carbono (CO)**

(Bosch R, 2003) menciona que: “Se origina monóxido de carbono en caso de una combustión incompleta de una mezcla de aire y combustible rica a causa de falta de aire, también se origina CO pero en una pequeña cantidad por una combustión con exceso de aire, a causa de una mezcla de aire combustible no homogéneas” (p. 44).

El monóxido de carbono es un gas incoloro y sin olor por esta razón es difícil detectarlo y causa envenenamiento en el ser humano ya que reduce la capacidad de absorción de oxígeno en la sangre.

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

(Bosch R, 2003) manifiesta que: “El carbono químicamente ligado contenido en el combustible forma, en caso de una combustión completa, dióxidos de carbono (CO<sub>2</sub>) con una parte de aprox. Un 13,7% en los gases de escape. La cantidad de dióxido de carbono liberada es directamente proporcional al consumo de combustible es por esto que se adoptan diferentes medidas para reducir la emisión de dióxido de carbono y con él el consumo de combustible es por esto que cada vez tienen mayor importancia” (p. 43).

#### **2.3.5. Óxidos de nitrógeno**

(González D, 2015) menciona: “Resultan tras la combinación del nitrógeno bajo ciertas condiciones, como una elevada presión y temperatura, así como un exceso de oxígeno tras la combustión. Estas condiciones se producen en la cámara de combustión con cargas muy elevadas o en motores de inyección directa y se lo denota también NO<sub>x</sub> por ser un gas muy inestable que pasa rápidamente de NO a NO<sub>2</sub>. Irrita los órganos respiratorios y es causante de la lluvia ácida” (p. 577).

#### **2.3.6. Hidrocarburos (HC)**

(Bosch R, 2003) expresa que: “Se entiende por HC a todos los compuestos químicos de carbono C e hidrógeno H. Las emisiones de HC hay que atribuir las a una combustión incompleta de la mezcla de aire y combustible por falta de oxígeno” (p. 44).

Los hidrocarburos HC son perceptibles al olfato y son considerados cancerígenos si hay una exposición constante.

### **2.4. Combustibles**

(Alvarez M, 2005) menciona que: “La energía térmica que se transforma en energía mecánica en un motor de combustión interna procede de las sustancias que se denomina genéricamente combustibles.

La relación de estas sustancias con el oxígeno (combustión) se produce de forma exotérmica; esta energía térmica liberada procede de la energía inherente a la estructura molecular de los componentes de los combustibles” (p. 297).

#### **2.4.1. Gasolina**

(González D, 2015) expresa: “El combustible principal de los motores de ciclo Otto es la gasolina que se obtiene de la destilación fraccionada de petróleo en torres de rectificación. Como de esta no sale una cantidad suficiente para cubrir la demanda, al petróleo se lo somete a otros procesos como el craqueo y el reformado” (p. 322).

Tipos de gasolina:

##### **a. Gasolina con plomo**

(Bosch R, 2003) menciona que: “Los alquilatos de plomo contenidos en esta gasolina eran necesarios antes principalmente para lubricar las válvulas de escape. Los motores construidos desde los años 1980 no están supeditados ya a aditivos de plomo” (p. 17).

##### **b. Gasolina sin plomo**

El uso de catalizadores en estos últimos tiempos en vehículos actuales obliga a utilizar gasolina sin plomo; ya que el plomo estropearía el recubrimiento de metal doble de los catalizadores, así como la sonda lambda utilizada para la regulación de la mezcla, dañándolos por completo.

### **c. Alcoholes**

(Bosch R, 2003) indica que: “Como combustibles sustitutos para motores de gasolina se pueden utilizar alcoholes (ante todo metanol y etanol), así como productos derivados de ellos. El metano se puede obtener a partir de materias primas muy abundantes que contienen carbono como carbón, gas natural, aceites pesados, etc. El etanol se obtiene por la fermentación de biomasa (caña de azúcar, cereales) y se emplea como combustible o aditivo para el mismo” (p. 21).

#### **2.4.2. Propiedades de la gasolina**

##### **a. Poder antidetonante (índice de octanos)**

(Bosch R, 1996) indica que: “El índice de octanos caracteriza la resistencia a la detonación de un combustible para motor gasolina. Cuanto mayor es el índice de octanos, más resistente a la detonación es el combustible” (p. 233).

Para el incremento de la resistencia a la detonación, (Bosch R, 2003) menciona que: “La gasolina producto de destilación directa posee una baja resistencia a la detonación por lo cual mezclando diferentes componentes de refinería resistentes al picado se obtiene suficiente índice de octano, se puede adicionar componentes oxigenados (metanol, etanol) que actúan positivamente sobre el índice de octano, pero estos alcoholes elevan la volatilidad y pueden crear problemas en los materiales” (p. 19).

##### **b. Volatilidad**

(González D, 2015) menciona que: “Es la capacidad que tiene la gasolina para evaporarse, como el objetivo es que la gasolina se mezcle fácilmente con el aire, esta debe tener una elevada volatilidad, así se favorecerá la formación de la mezcla, sobre todo a temperaturas bajas, pero tampoco ha tener una capacidad de evaporarse excesivamente alta para que no se formen bolsas de vapor en el colector de admisión, dificultando el llenado del motor” (p.323).

### **c. Densidad**

El rango de densidad admisible para combustible como la gasolina está limitada de 228 a 775 kg/m<sup>3</sup>. Los combustibles como la gasolina sin plomo poseen una densidad mayor que la con plomo a causa del mayor contenido de aromáticos y también una potencia calorífica un poco mayor.

### **d. Pureza**

(González D, 2015) menciona que: “La gasolina debe estar lo más libre posible de impurezas, como por ejemplo aquellas que propicien la formación de depósitos y el azufre. El contenido de azufre de los combustibles actualmente está muy reducido, sobre todo por la limitación de emisiones contaminantes, la disminución de este elemento en la gasolina evita la formación de productos corrosivos en el interior del motor, que puede dañar los componentes” (p. 323).

### **2.4.3. Poder calorífico**

(González D, 2015) expresa que: “Es la cantidad de energía o calor que es capaz de generar el combustible tras su combustión completa. Como es sabido, el calor se puede transformar en trabajo, que es el objetivo del motor. El poder calorífico suele expresarse Kcal/kg o más comúnmente en KJ/Kg” (p. 322).

Se encuentran dos tipos de poder calorífico:

**a. Poder calorífico inferior**

(Ollé J, 2003) menciona que: “Es la cantidad de calor que desprende en la combustión completa una unidad de masa o de volumen de combustible cuando los productos de la combustión son enfriados hasta la condensación del vapor de agua que contienen” (p. 11).

**b. Poder calorífico superior**

(Ollé J, 2003) manifiesta que: “Es la cantidad de calor que desprende en la combustión completa una unidad de masa o de volumen de gas cuando los productos de la combustión son enfriados hasta la condensación del vapor de agua que la contienen” (p. 11).

## **2.5. Aditivos**

(Prestone, 2016) manifiesta: Es una sustancia química agregada a un producto para mejorar sus propiedades, en el caso de los combustibles dicha sustancia es utilizada en pequeñas cantidades añadida durante su elaboración por el fabricante, para cambiar las características del mismo y para mejorar sus propiedades.

### **2.5.1. Características**

Hay diferentes características que pueden mejorar los aditivos:

- **Octanaje:**

El compuesto de tetra etilo de plomo que se utilizó durante décadas, es muy contaminante y se ha prohibido su uso. El etanol y el MTBE se usan como aditivos para lograr mejor combustión de la gasolina.

- **Oxigenadores:**

Mejoran la combustión del combustible. Evitando los humos los hidrocarburos no quemados y los restos de carbonilla. Además de mejorar el consumo y la potencia. Aunque no todos estos aditivos aumentan la potencia por no contener productos que aumenten concretamente el OCTANAJE

- **Detergentes:**

Mejoran la pulverización de la gasolina, la mezcla y el contacto con el oxígeno del aire.

- **Colorantes:**

Se utilizan para evitar confundir combustibles o el fraude fiscal con combustibles con menos impuestos

## 2.6. Aditivo Quaker State



**Figura 8: Quaker State Power Gas**

**Fuente:** (Quaker State, 2016).

### 2.6.1. Descripción:



(Quaker State, 2016) manifiesta “El aditivo Power Gas, es un aditivo para gasolina formulado con Tricarbonil-Metilciclopentadienil de Manganeso (MMT) en un 25%, como incrementador del octanaje y es ideal para cualquier tipo de vehículo que utilice gasolina sin plomo y requiera mayor potencia en el motor. Además, ayuda a reducir el cascabeleo por explosiones irregulares de la gasolina ofreciendo un manejo más suave y una combustión más eficiente.

**Tabla 3: Propiedades de Tricarbonil-Metilciclopentadienil de Manganeso**

<b>Punto de ebullición: 231.7°C</b>	<b>Presión de vapor, Pa a 20°C; 6.2</b>
<b>Punto de fusión: 2.2°C</b>	Punto de inflamación: 96°C c.c
<b>Densidad relativa (agua=1): 1.39</b>	Coeficiente de reparto octano/agua como log Pow 3.7
<b>Solubilidad en agua: ninguna</b>	

**Fuente:** (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2003).

### 2.6.2. Campo de aplicación:

Power Gas, se recomienda para vehículos con motores a gasolina nuevos y anteriores que requieran mejorar la potencia del sistema de combustión. Verter el contenido durante el llenado de tanque de gasolina. Sirve para tanques de entre 40 y 70 litros.

### 2.6.3. Propiedades y beneficios:

- Eleva el octanaje de la gasolina sin plomo evitando explosiones irregulares o erráticas durante la combustión.
- Reduce eficazmente las emisiones de NOx en el escape por el mejor aprovechamiento de combustible.

- Compatible con todos los convertidores catalíticos manteniendo su vida útil”.

#### 2.6.4. Características:

Tabla 4: Características Quaker State Power Gas

RACING GAS	Método ASTM	Resultado
Color	Visual	Ámbar
Densidad Relativa @15,6°C	D4052	0,8050
Viscosidad Cinemática @40°C,cST	D445	1,950
Punto de Inflación PMCC, °C	D93	78

Fuente: (Quaker State, 2016).

#### 2.7. Aditivo Liqui Moly



Figura 9: Liqui Moly Octane Plus

Fuente: (Liqui Moly, 2016).

##### 2.7.1. Descripción:

(Liqui Moly, 2016) manifiesta: “OCTANE PLUS es un aditivo especialmente formulado para mejorar la operación de motores de gasolina que sufren de cascabeleo, golpeteo y detonaciones por gasolinas de bajo octanaje. Eleva el octanaje hasta en 4 puntos. No contiene aditivos que puedan dañar los convertidores catalíticos.

### 2.7.2. Propiedades:

- Eleva el octanaje del combustible hasta en 4 puntos
- Mejora el rendimiento del automóvil
- No produce contaminantes adicionales ni daña el convertidor catalítico
- Limpia y protege los sistemas de mezcla

### 2.7.3. Campo de aplicación:

Aditivo para elevar el octanaje de la gasolina, se recomienda para vehículos con motores a gasolina nuevos y anteriores que requieran mejorar la potencia del sistema de combustión. Verter el contenido durante el llenado de tanque de gasolina. Sirve para tanques de entre 40 y 70 litros.

### 2.7.4. Características:

**Tabla 5: Características Liqui Moly Octane Plus**

<b>Base</b>	<b>Naphta y aditivos</b>
Color	Marrón
Densidad a 15° C	0,81 g/ml
Punto de inflamación	60°C
Punto de escurrimiento	-45°C
Viscosidad a 40° C	7,0 mm <sup>2</sup> /s

**Fuente:** (Liqui Moly, 2016).

## 2.8. Aditivo NOS



**Figura 10: NOS Octane Booster**

**Fuente:** (NOS, 2016).

### 2.8.1. Descripción:

(NOS, 2016) manifiesta: "Octane Booster Racing Formula logra sus resultados a través de la introducción de cantidades medidas de nitroso y gasolina en un motor, del que se obtienen enormes mejoras de poder por el aumento de la presión de combustión. Además este formulado ayuda a eliminar la pre-ignición (autoencendido) común al bajo octanaje de la gasolina, y ayuda a labores específicos, como el remolque de cargas pesadas en pendientes pronunciadas hasta en un vehículo de carreras. Un uso concreto y bastante amplio.

Además, ofrece un mayor rendimiento para los entusiastas de las carreras. Está desarrollado para aumentar el efecto de octanaje hasta 31 puntos o 3,1 octanos completos. Por ejemplo, si se usa bencina 97 octanos, queda en 101,1 octanos. Además, otro de los beneficios para los vehículos con mayor desgaste o uno extenso, es que limpia los inyectores de combustible y la cámara de combustión.

NOS Octane Booster Racing Formula ayuda a prevenir las detonaciones en los motores, que hacen un desgaste prematuro en los motores, evitando las detonaciones, ya que básicamente enfría los componentes metálicos y evita la detonación por temperatura”.

### **2.8.2. Beneficios:**

- Aumenta el octano Efecto Hasta 3.1 Números completa octanos o 31 Puntos (1 octanaje = 10 puntos)
- Elimina Knocks, pings y vacilaciones
- Seguro para los sensores de oxígeno y convertidores catalíticos
- Protege contra la formación de depósitos
- Excelente como sustituto de plomo
- Reduce las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono
- Proporciona protección contra la corrosión
- Mejora la eficiencia de combustible
- Evita que se pegue la válvula
- Evita estancamiento
- Recomendado para motores de alto rendimiento, equipos de marina, granja y equipos recreativos

### **2.8.3. Campo de aplicación:**

Aditivo para elevar el octanaje de la gasolina, se recomienda para vehículos con motores a gasolina nuevos y anteriores que requieran mejorar la potencia del sistema de combustión. Verter el contenido durante el llenado de tanque de gasolina. Sirve para tanques de entre 15 y 16 galones.

#### 2.8.4. Características:

**Tabla 6: Características NOS Octane Booster**

<b>Base</b>	<b>Naphta y aditivos</b>
Color	Marrón
Densidad a 15° C	0,81 g/ml
Punto de inflamación	60°C
Punto de escurrimiento	-45°C
Viscosidad a 40° C	7,0 mm <sup>2</sup> /s

**Fuente:** (NOS, 2016).

#### 2.9. Dinamómetro de rodillos

El banco dinamométrico de rodillos permite realizar pruebas para determinar los parámetros característicos de un motor, siendo estos potencia, torque y consumo de combustible, a distintas velocidades de giro del motor.



**Figura 11: Dinamómetro de rodillos**

Los rodillos del banco dinamométrico se encuentran ubicados en el piso, los mismos que van a medir los parámetros característicos mediante el giro de las ruedas del vehículo, la bomba de agua se va a encargar de realizar el freno hidráulico para que exista resistencia al giro de rueda, y por medio del

movimiento de los rodillos, los sensores de presión y velocidad realizaran las lecturas pertinentes para determinar los parámetros de rendimiento del motor.

En el dinamómetro se va a ubicar el vehículo dependiendo de sus ruedas de tracción, las que van a proporcionar la fuerza y la potencia para la lectura de los datos y curvas que va a proporcionar el motor, aquí se puede simular el funcionamiento del vehículo dependiendo de las condiciones de revoluciones por minuto que se le aplique.

### **2.9.1. Elemento del dinamómetro de rodillos**

El dinamómetro de rodillos consta de las partes siguientes:

- Chasis: Este elemento es el que va a recubrir los rodillos del dinamómetro y además va a absorber vibraciones y soportar los esfuerzos producidos por los pesos de las piezas que conforman el banco de pruebas.
- Rodillos: Son los encargados de transmitir la velocidad de giro de rueda a los sensores del dinamómetro por medio de la unidad de absorción de potencia.
- Sistema de inercia: Encargado de aumentar o disminuir la inercia total rotativa del dinamómetro para figurar la resistencia al avance que poseería el vehículo durante la prueba realizada.
- Dispositivo de adquisición: Consta de dos tipos de dispositivos para leer datos, el primero es una celda de carga que realiza el trabajo de un transductor, convierte la fuerza emitida en un pulso eléctrico que se amplifica para una lectura a forma de dato, el segundo es una rueda perforada con un contador magnético que realiza un pulso que va a ser amplificado para ser leído como dato.
- Unidad de absorción de potencia: realiza el freno de los rodillos, está montada en uno de sus extremos a los rodillos del banco de prueba.

### 2.9.2. Características principales

El banco dinamométrico se encarga de simbolizar la fuerza que se opone al avance del vehículo, realizando las simulaciones de todas las condiciones de carga que existen.

El dinamómetro debe contar con todas las condiciones de calidad tales como buenas soldaduras, materiales de calidad y buena resistencia para impedir que el vehículo sea desprendido durante la prueba.

**Tabla 7: Características dinamómetro de rodillos MOTORROLL**

<b>Características dinamómetro MOTORROLL</b>	
<b>Tipo de dinamómetro</b>	Rodillos
<b>Tipo de freno</b>	Hidráulico
<b>Diámetro de rodillos</b>	165 mm
<b>Brazo de palanca</b>	256 mm
<b>Peso bruto</b>	950 kg
<b>Carga máxima sobre rodillos</b>	5000 kg
<b>Potencia máxima medible</b>	260 hp
<b>Velocidad máxima</b>	160 km/h (6000 rpm)
<b>Alcance de revoluciones</b>	20000 rpm
<b>Electrónica utilizada</b>	Interfaz motorroll con conexión a pc.
<b>Sensor de velocidad</b>	Óptico
<b>Alimentación eléctrica</b>	220 v / 30 / 85 hz
<b>Alcance de revoluciones</b>	20000 rpm

**Fuente:** (MOTORROLL, 2017).

### 2.9.3. Control

Con el fin de obtener los diferentes datos se emplean distintos interfaces, los datos que generan los sensores en el dinamómetro permiten el proceso de la información en la computadora y que envíe las curvas y resultados pertinentes.

La obtención de datos y curvas de potencia y torque que se van a realizar en la investigación se las va a visualizar en el software BLAHA desarrollado por el fabricante MOTORROLL.





**Figura 12: Software BLAHA**

## 2.10. Analizador de gases

El analizador de gases es un equipo que permite determinar en porcentajes y partículas por millón la salida de los gases de escape de los vehículos para determinar si está realizando una buena o mala combustión. También envía parámetros como son los gases: hidrocarburos, monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxígeno, entre otros como se observa en la figura 13.

En Ecuador, existen normativas que van a regir las cantidades permitidas de gases contaminantes para motores a gasolina, el análisis de gases se lo realiza bajo el reglamento RTE INEN 017 y la norma ecuatoriana INEN 004:2202 esta norma indica los límites permitidos de gases contaminantes, realizados por automotores a gasolina en pruebas estática o dinámica.



**Figura 13: Analizador de gases AUTOplus KANE**

El diseño del analizador de gases podrá medir simultáneamente residuos de la combustión como:  $C$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NO_x$ , coeficiente de opacidad y concentración de masa de partículas en unidades como partículas por millón (ppm), g/km y porcentaje.

### **2.10.1. Elementos del analizador de gases**

El analizador de gases consta de los siguientes elementos:

- Filtro de retención de humedad
- Filtro de carbón activo
- Válvula para calibración de altas y bajas
- Sensores electroquímicos para medir los niveles de contaminantes
- Sonda de muestreo de tubo de escape
- Modulo magnético de revoluciones
- Software e interface

## 2.10.2. Características del analizador de gases

**Tabla 8: Características del analizador de gases AUTOplus KANE**

<b>AUTOplus KANE</b>					
<b>Ámbito de aplicación</b>	Medición de gases de escape móvil o fija en vehículos GASOLINA, GLP, GNC & DIESEL				
<b>Gases mesurables</b>	$CO_2$	$HC$	$O_2$	$NO_x$	$\lambda$
<b>Rangos de medición</b>	0 - 16%	0 - 5000 PPM	0 - 21%	0 - 5000 PPM	0.8 - 1.2
<b>Principio de medición</b>	Sistema infrarrojo	Sistema infrarrojo	Celda electro-química	Con sensor	Calculado
<b>Tiempo de calentamiento</b>	Menor a dos minutos				
<b>Comunicación PC/Android</b>	Bluetooth - RS - 232				
<b>Memoria</b>	500 Test				
<b>Dim. Unidad principal</b>	220 x 55 x 120 mm				
<b>Peso</b>	1 Kg				
<b>Sonda</b>	350 x 15 mm				
<b>Manguera</b>	4 metros				
<b>Temperatura ambiente</b>	5 - 45 °C				
<b>Humedad</b>	10 - 90% RH no condensada				
<b>Temperatura almacenamiento</b>	0 - 50 °C				
<b>Alimentación cargador baterías</b>	100/240 V - 47/63 Hz				
<b>Salida cargador baterías</b>	12 VDC				
<b>Respaldo baterías</b>	4 horas con full carga				

**Fuente:** (Kane, 2017).

## **CAPÍTULO III**

### **3. PROTOCOLO DE PRUEBAS**

Con el objetivo de analizar los parámetros característicos del motor de investigación, se realizarán pruebas con distintos equipos, utilizando los protocolos pertinentes para cada uno, entre estos está el banco de pruebas estáticas de rodillos que va a permitir realizar pruebas experimentales (potencia, torque, consumo de combustible) válidas para el motor E-TEC II de un CHEVROLET AVEO 1.6, se utilizará el analizador de gases, y la bomba calorimétrica con el fin de obtener todos los valores motivos de análisis en la investigación.

#### **3.1. Metodología de desarrollo de la investigación**

Se realizará la misma mediante procesos de medición y el levantamiento de información obtenidas por dispositivos especializados que van a ayudar a determinar el análisis de los parámetros característicos de un vehículo al utilizar aditivos en los combustibles comerciales del país.

##### **3.1.1. Métodos empleados en la investigación**

###### **a. Método Inductivo**

Este método se lo desarrolló debido a la gran comercialización del vehículo CHEVROLET AVEO 1.6; y esta investigación puede ser beneficiosa a los usuarios de este tipo de vehículos.

###### **b. Método Deductivo**

En relación a las propiedades que ofrecen los aditivos que aumentan el octanaje en el combustible con el fin de mejorar las propiedades del mismo se hará uso de este método para analizar los cambios en los parámetros característicos del CHEVROLET AVEO 1.6.

### **c. Método Experimental**

Se utilizó este método mediante pruebas de laboratorio con combustibles súper, extra y eco país, realizando pruebas estándar así como también pruebas con mezclas de los aditivos Nos, Liqui Moly y Bardahl, obteniendo los parámetros característicos del motor, análisis de gases, y poder calorífico de las mezclas.

### **d. Método Analítico**

Se lo utilizó para determinar las variaciones cuando se usa el combustible en el motor del CHEVROLET AVEO 1.6, y cuando se realizan las mezclas en el mismo, para ver la variación y las prestaciones que los aditivos pueden brindar al combinarlos con la gasolina.

## **3.2. Vehículo de practica CHEVROLET AVEO 1.6**

Se utilizó para el proyecto el motor E-TEC II perteneciente a un vehículo CHEVROLET AVEO 1.6, conveniente por ser un automóvil comercial en el país.

### **3.2.1. Características por ficha técnica del vehículo**

Se tomó las características que van a respaldar la investigación.

**Tabla 9: Ficha técnica Chevrolet Aveo Activo 1.6 2010**

Marca	Chevrolet
Modelo	Aveo Activo
Combustible	Gasolina
Cilindrada	1598
RPM a potencia máxima	6000
RPM a par máximo	4000
Número de cilindros	4
Configuración de cilindros	En línea
Velocidad máxima (km/h)	183
Aceleración 0-100 (km/h)	11,3 s
Potencia máxima (HP)	114
Par máximo (Kgm)	15,81
Tracción	Delantera

**Fuente:** (Chevrolet, 2010).

### 3.3. Volúmenes de mezclas requeridas

Con el fin de realizar las pruebas, se utilizó combustibles y mezclas con parámetros recomendados por el fabricante, que van a ayudar al desarrollo del proyecto, connotado en la siguiente tabla

**Tabla 10: Mezclas requeridas**

Contenido	Denominación	Concentración
Eco país	EP	EP 4 lt
Eco país + NOS	EPN	EP 4 lt + NOS 24 ml
Eco país + Liqui Moly	EPL	EP 4 lt + Liqui Moly 12 ml
Eco país + Bardahl	EPB	EP 4 lt + Bardahl 9,86 ml
Extra	EX	EX 4 lt
Extra + NOS	EXN	EX 4 lt + NOS 24 ml
Extra + Liqui Moly	EXL	EX 4 lt + Liqui Moly 12 ml

Continua



Extra + Bardahl	EXB	EX 4 lt + Bardahl 9,86 ml
Súper	S	S 4 lt
Súper + NOS	SN	S 4 lt + NOS 24 ml
Súper + Liqui Moly	SL	S 4 lt + Liqui Moly 12 ml
Súper + Bardahl	SB	S 4 lt + Bardahl 9,86 ml

### 3.4. Protocolo de ensayo en el banco dinamométrico

Después de ingresar el vehículo en el laboratorio de motores hay que tener algunas consideraciones, siendo una de estas el centrado del vehículo que va a permitir no ocasionar accidentes dentro del mismo, para esto se utiliza como ayuda el espejo que esta frente al vehículo o la ayuda de un compañero, teniendo esta consideración se pueden seguir los siguientes pasos para el uso del dinamómetro.

Procedimientos para el ensayo dinamométrico:

- Una vez centrado el vehículo es necesario utilizar el freno de mano para anclar en la posición final el automóvil, y colocar el difusor de gases en el tubo de escape como se muestra en la figura 14.



**Figura 14: Vehículo anclado, con difusor de gases**

- Abrir el capo del vehículo y colocar el ventilador cerca al radiador para poder dispersar el calor que produce el motor como se muestra en la figura 15.



**Figura 15: Ventilador en posición de enfriamiento**

- Realizar las conexiones entre la interfaz a los diferentes sensores y al computador para tomar las lecturas pertinentes a la investigación, como se muestra en la figura 16.



**Figura 16: Conexión de interfaz**

- Conectar la bomba de agua que va a realizar el trabajo en el dinamómetro y esperar a que esté funcionando para obtener resultados validos como se muestra en la figura 17.





**Figura 17: Conexión bomba de agua**

- Girar la llave de la figura 18 para regular el freno hidráulico que se necesita en los rodillos, tomando como consideración la potencia del vehículo.



**Figura 18: Llave para regular carga**

### 3.5. Configuración del banco dinamométrico

Instalar el programa BLAHA en un computador para poder realizar las pruebas en el banco dinamométrico MOTORROLL.

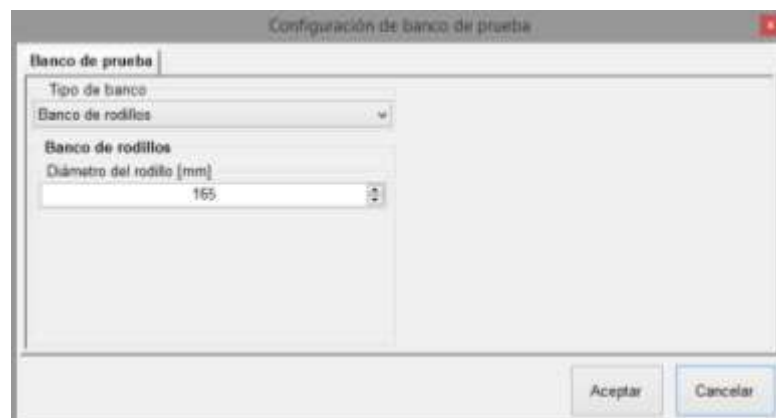
Procedimiento para la configuración del banco dinamométrico:

- Inicializar el programa (figura 19).



**Figura 19: Inicio software Blaha**

- Configurar el banco de prueba seleccionando banco de rodillos.



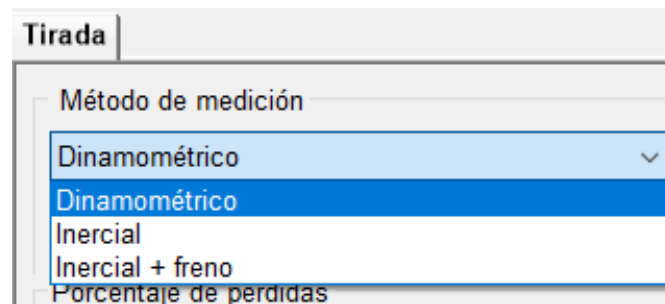
**Figura 20: Selección banco de rodillos**

- Elegir nueva tirada (figura 21).



**Figura 21: Ventana de nueva tirada**

- Configurar el régimen de medición figura 22.



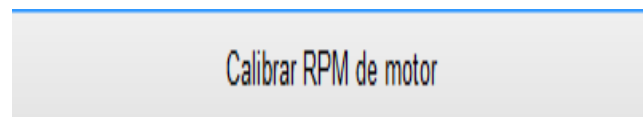
**Figura 22: Método de medición dinamométrico**

- Se seleccionó el corte de RPM.



**Figura 23: Selección de inicio y corte de RPM**

- Se calibra las RPM del motor con el programa para tener lecturas correctas.



**Figura 24: Calibración RPM motor**

- Se hace la calibración de RPM cuando el motor alcanza las 3000 RPM

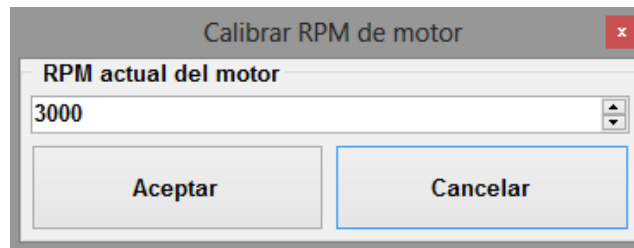


Figura 25: Ajuste A 3000 RPM

- Una vez realizadas las pruebas se revisa los resultados

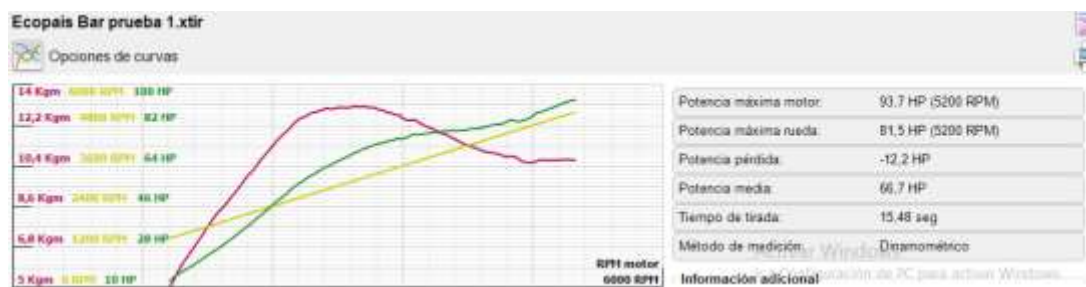


Figura 26: Curvas resultantes

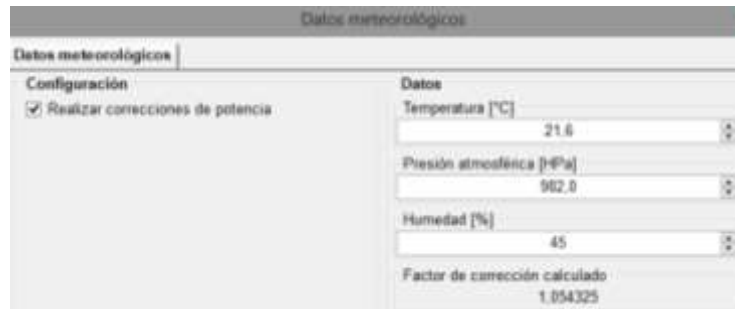
### 3.5.1. Funciones software BLAHA

- Cambiar el color de las curvas.

Visualización		Cálculos	
Nombre	Color	Suavizado	Visible
Distancia	[Pink]	Sin suavi...	<input type="checkbox"/>
Freno	[Purple]	3	<input type="checkbox"/>
Lambda	[Orange]	5 - Mínimo	<input type="checkbox"/>
Potencia motor	[Red]	3	<input checked="" type="checkbox"/>
Potencia rueda	[Light Pink]	3	<input type="checkbox"/>
RPM banco	[Green]	3	<input checked="" type="checkbox"/>
RPM motor	[Dark Purple]	3	<input type="checkbox"/>
Temperatura	[Teal]	5 - Mínimo	<input type="checkbox"/>
Tiempo	[Grey]	Sin suavi...	<input type="checkbox"/>
Torque	[Blue]	3	<input checked="" type="checkbox"/>
Velocidad	[Dark Blue]	3	<input type="checkbox"/>

Figura 27: Opciones de color de curvas

- Colocar datos meteorológicos como se indica en la figura 28.



Datos meteorológicos	
<b>Configuración</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	Realizar correcciones de potencia
<b>Datos</b>	
Temperatura [°C]	21.6
Presión atmosférica [hPa]	982.0
Humedad [%]	45
Factor de corrección calculado	1.054325

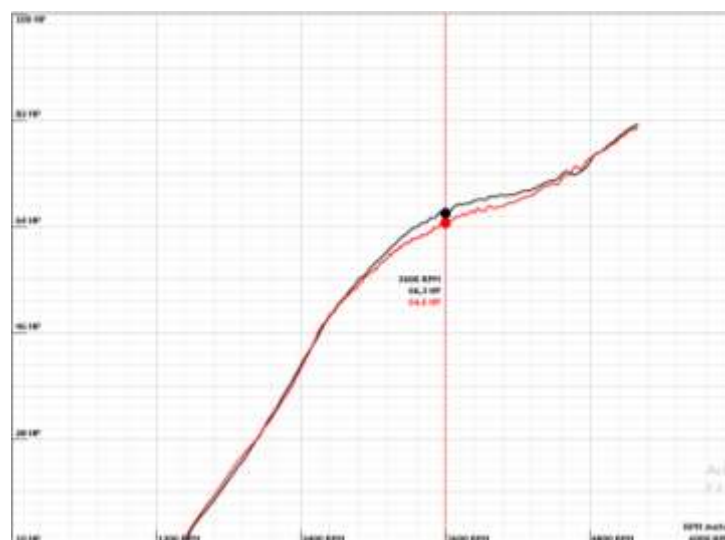
**Figura 28: Datos meteorológicos**

- Observar los parámetros en función de las RPM es decir cuando se dio la mayor potencia y el mayor torque en tablas.

Potencia máxima motor:	110.1 HP (5200 RPM)
Potencia máxima rueda:	95.8 HP (5200 RPM)
Potencia pérdida:	-14.4 HP
Potencia media:	62.4 HP
Tiempo de tirada:	31.59 seg
Método de medición:	Dinamométrico

**Figura 29: Valores de pruebas**

- Realizar comparaciones entre curvas.



**Figura 30: Comparación de curvas**

### 3.6. Uso de la bomba calorimétrica adiabática

La bomba se la utilizó para poder medir el poder calorífico de los combustibles con las mezclas de aditivos con fines experimentales.

#### 3.6.1. Protocolo de bomba calorimétrica adiabática

- Se ensambla la bomba colocando en un pequeño recipiente la muestra a quemarse.



**Figura 31: Mediciones de muestra**

- Se ata el cordel de algodón al fino conductor que se sujeta uniendo la horqueta de suspensión del recipiente.



**Figura 32: Cordel de combustión**

- Se coloca una gota de agua dentro de la bomba.



**Figura 33: Gota de agua dentro de la bomba**

- La cantidad del combustible debe ser de alrededor de 1 gramo.
- Se ajusta solo con la mano la tapa de la bomba y se llena con oxígeno a presión (mínimo 15 bares).



**Figura 34: Colocación de oxígeno**

- Se introduce la bomba en el agua y se procede a tapar el conjunto asegurando que haya un buen contacto para la ignición (lo cual se indica con una luz encendida) y que los termistores no estén rotos y sí en contacto con el agua tanto del calorímetro como de la camisa.



**Figura 35: Bomba introducida para pruebas**

- Cuando todo esté listo iniciar la combustión y registrar la mínima y la máxima temperatura señaladas por el termómetro especial.



**Figura 36: Observación de temperaturas**



- Todos estos datos se los pondrá en hoja especial que para el efecto se provee.

**Tabla No. 1**

**ACIDO BENZOICO.**

1	Valor calorífico del Acido Benzoico	J / gr	
2	Peso del Acido Benzoico quemado	gr	
3	Energía liberada por el ácido, (1 x 2)	J	
4	Temperatura inicial	°C	
5	Temperatura final	°C	
6	Elevación de temperatura, (5 – 4)	°C	
7	Capacidad calorífica total del aparato, (1 / 6)	J / °C	

**MUESTRA**

8	Peso del porta muestra	gr	
9	Peso del porta muestra más combustible	gr	
10	Peso del combustible, (9 – 8)	gr	
11	Temperatura inicial	°C	
12	Temperatura final	°C	
13	Elevación de temperatura, (12 – 11)	°C	
14	Energía total liberada, (13 x 7)	J	
15	Valor calorífico de la muestra, (14 / 10)	J / gr	

6.- Cálculos:

Presente un ejemplo de cálculos.

7.- Preguntas:

8.- Conclusiones:

9.- Recomendaciones:

10.- Bibliografía:

**Figura 37: Hoja de cálculo**

### 3.7. Protocolo de ensayo analizador de gases

El analizador de gases va a permitir ver las emisiones contaminantes que van al ambiente, se debe seguir el siguiente procedimiento.

Procedimiento para el análisis de gases:

- Encender el analizador de gases.



**Figura 38: Encendido de analizador de gases AUTOplus Kane**

- Vincular vía bluetooth el analizador con una computadora portátil (figura 39).



**Figura 39: Conexión bluetooth analizador-computadora**

- Introducir la sonda de muestreo de tubo de escape del vehículo como indica la figura 40.



**Figura 40: Conexión sonda de muestro del analizador de gases**

- Mirar los resultados mostrados en la pantalla del computador, donde se aprecia los distintos gases de escape



**Figura 41: Calibración análisis de gases**

- Realizar los mismos pasos para cada una de las muestras y tabular la información

### 3.8. Protocolo del software OBDwiz

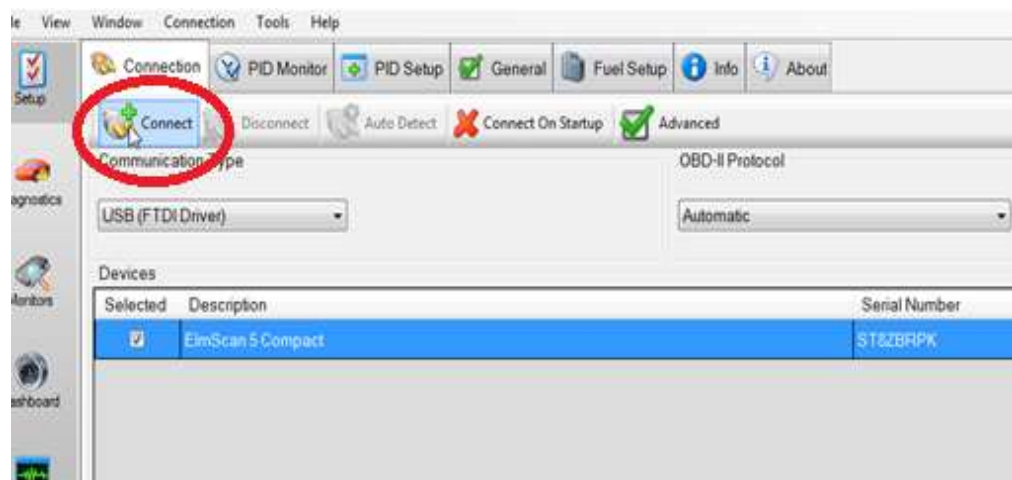
Este software va a ayudar a medir el consumo de combustible del vehículo durante las pruebas dinamométricas, por lo cual es importante seguir los siguientes pasos para su correcto funcionamiento.

- Conectar en el puerto OBD II del vehículo el cable con el computador en el que se tiene instalado el software.



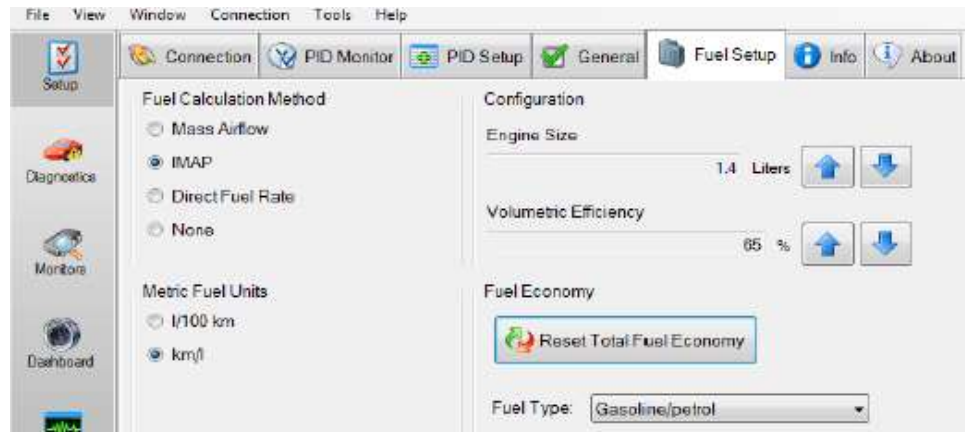
**Figura 42: Conexión del puerto OBD II**

- Encender el vehículo y esperar a que entre en su temperatura de funcionamiento normal.
- Ejecutar el programa OBDwiz en el computador y se conecta al vehículo con el programa.



**Figura 43: Conexión del vehículo con el computador**

- Configurar el programa ingresando en fuel setup, se coloca las condiciones que se muestran en la figura 44, para que el programa acoja las condiciones iniciales para su buen funcionamiento.



**Figura 44: Configuración de combustible**

- Ir al tablero a bordo y resetear para que se inicie el programa y poder realizar las mediciones.



**Figura 45: Tablero de instrumentación**

- Realizar las pruebas con los parámetros deseados; se va a poder visualizar los resultados que se dan en el tablero del software para poder hacer las mediciones.



Figura 46: Resultados obtenidos

## **CAPÍTULO IV**

### **4. ANÁLISIS DE RESULTADOS EN BASE A ENSAYOS DINAMOMÉTRICOS, QUÍMICOS, Y GASES.**

Para la ejecución del capítulo IV se implementaron los métodos experimentales, el método de medición y el método de observación directa en la realización de las distintas pruebas requeridas, analizando y tabulando los resultados con el método comparativo, además del método de matematización para obtener varios resultados necesarios para la investigación mediante fórmulas planteadas.

#### **4.1. Tabulación de resultados**

Para la tabulación se utilizó los resultados obtenidos en la investigación ejecutada en el dinamómetro, pruebas químicas y de gases, para poder determinar el cambio de los parámetros característicos del motor E-TEC II de un Chevrolet Aveo 1.6, cuando se utilizan aditivos en el combustible comercial del país.

##### **4.1.1. Tabulación de curvas de rendimiento**

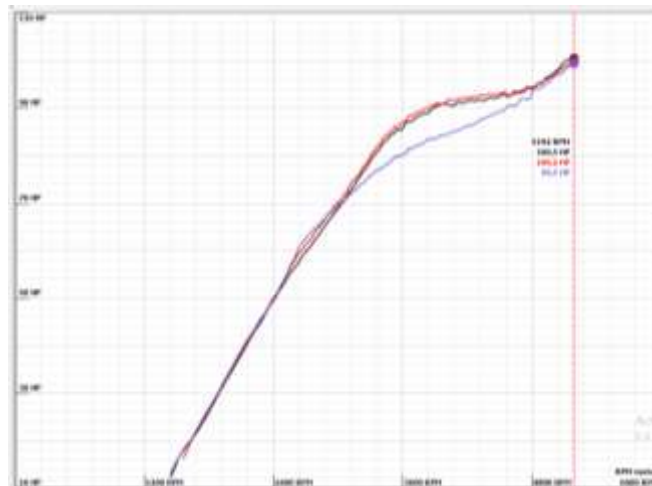
Se obtiene los resultados de las prácticas realizadas en el dinamómetro MOTORROLL perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en su extensión de la ciudad de Latacunga, con cual se pudo obtener las diferentes curvas de los parámetros característicos del vehículo y de esta manera poder hacer el análisis respectivo.

### a. Pruebas estándar de combustible súper

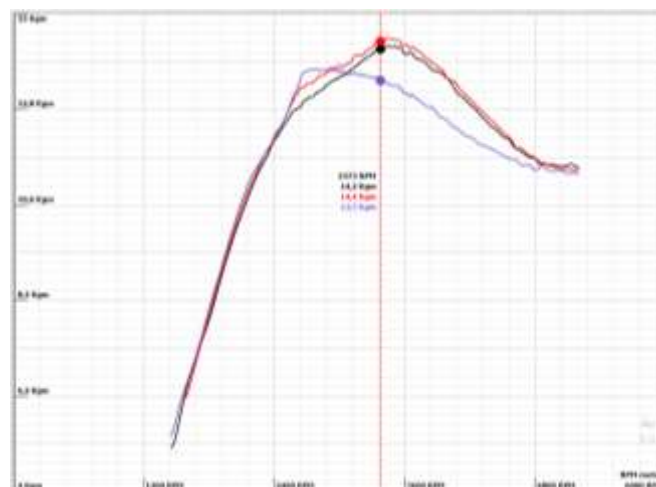
**Tabla 11: Valores obtenidos en pruebas estándar de combustible súper**

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<i>Potencia</i>	RPM	5202	5200	5202	
	HP	100,7	99,6	100,3	100,2
<i>Torque</i>	RPM	3447	2920	3445	
	Kgm	14,27	13,76	14,45	14,16

Se aprecia en las figuras 47, 48 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible súper.



**Figura 47: Comparación de curvas de potencia con combustible súper**



**Figura 48: Comparación de curvas de torque con combustible súper**



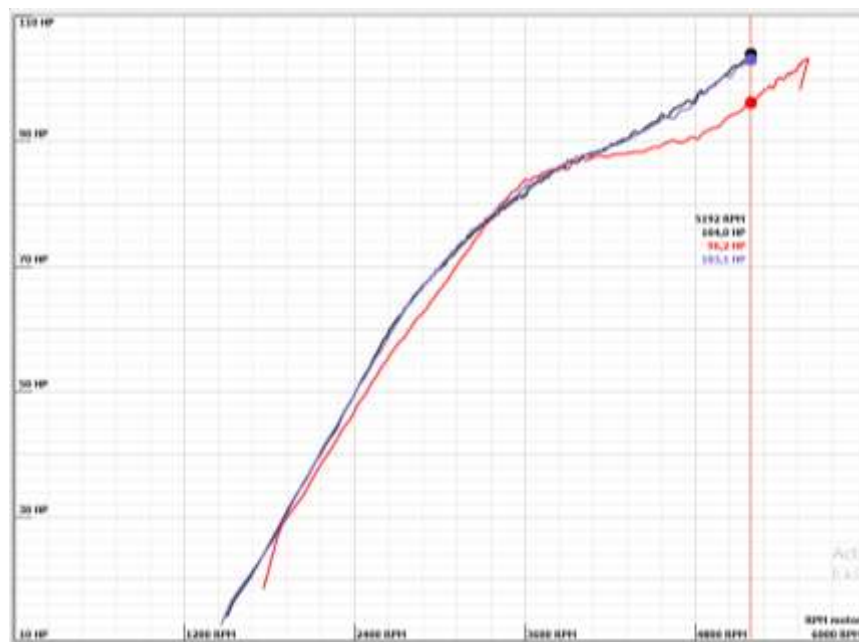
### b. Pruebas combustible súper con aditivo Nos

**Tabla 12: Valores obtenidos con combustible súper con aditivo Nos**

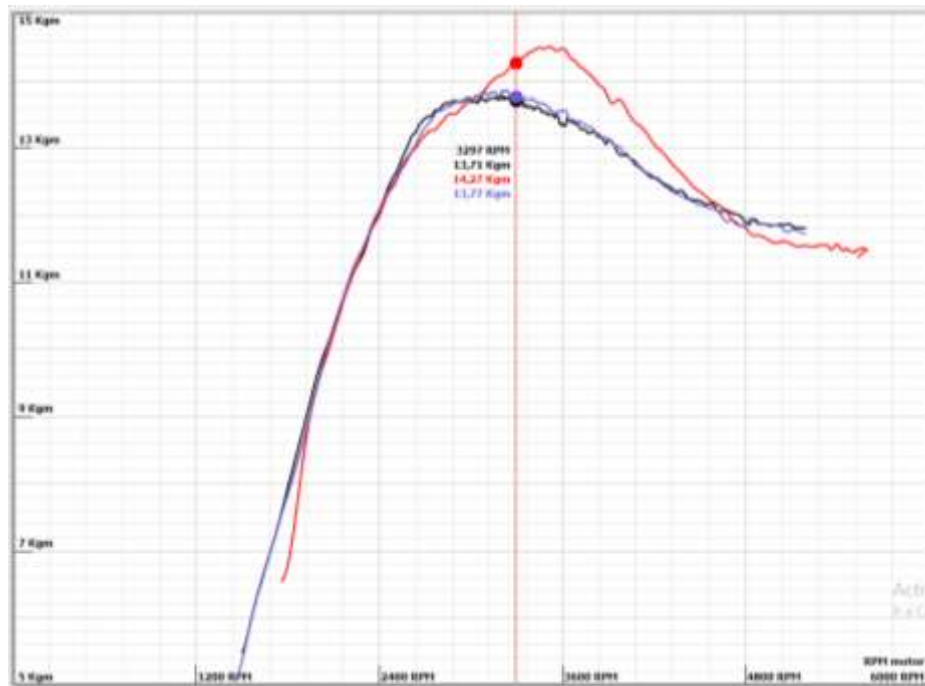
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Potencia</b>	RPM	5602	5200	5202	
	HP	103,3	104,1	103,1	103,5
<b>Torque</b>	RPM	3524	3205	3234	
	Kgm	14,52	13,79	13,87	14.06

Se aprecia en las figuras 49, 50 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible súper más aditivo NOS.

Valores obtenidos con combustible súper con aditivo Nos



**Figura 49: Comparación de curvas de potencia con combustible súper y aditivo Nos**



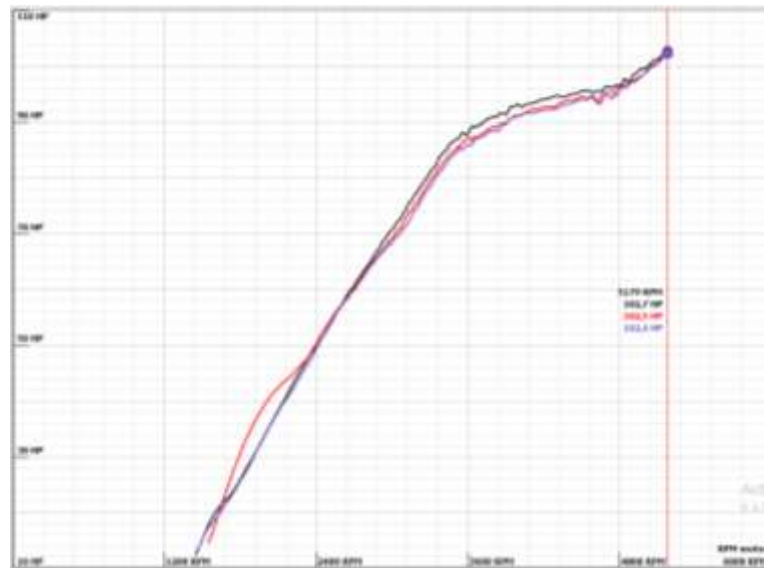
**Figura 50: Comparación de curvas de torque con combustible súper y aditivo Nos**

### c. Pruebas combustible súper con aditivo Liqui Moly

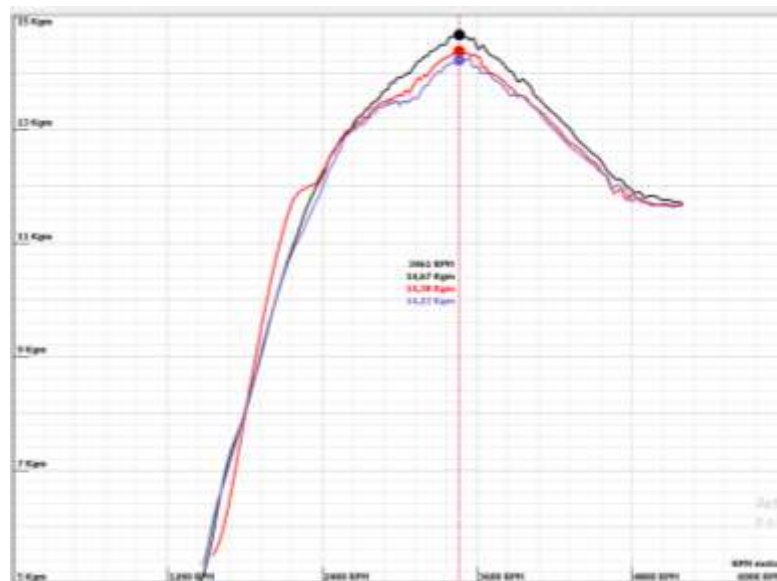
**Tabla 13: Valores obtenidos con combustible súper con aditivo Liqui Moly**

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Potencia</b>	RPM	5204	5200	5201	
	HP	103,0	102,8	102,6	102,8
<b>Torque</b>	RPM	3475	3476	3539	
	Kgm	14,69	14,39	14,25	14,44

Se aprecia en las figuras 51, 52 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible súper más aditivo Liqui Moly.



**Figura 51: Comparación de curvas de potencia con combustible súper y aditivo Liqui Moly**



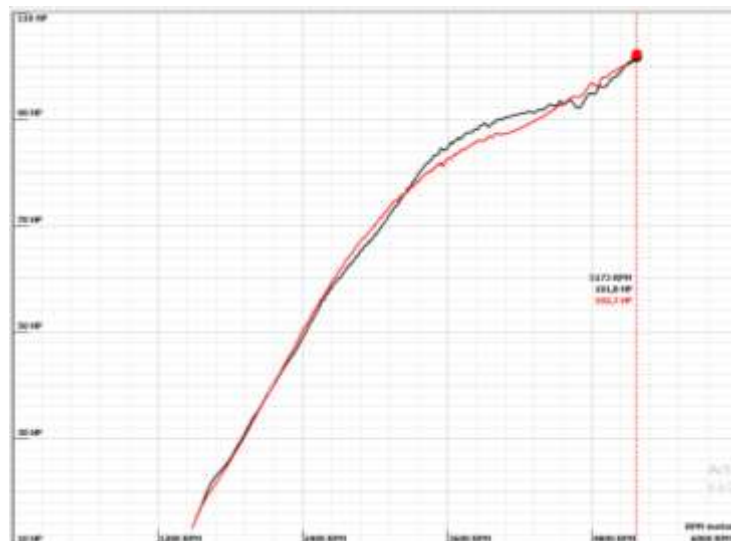
**Figura 52: Comparación de curvas de torque con combustible súper y aditivo Liqui Moly**

#### d. Pruebas combustible súper con aditivo Bardahl

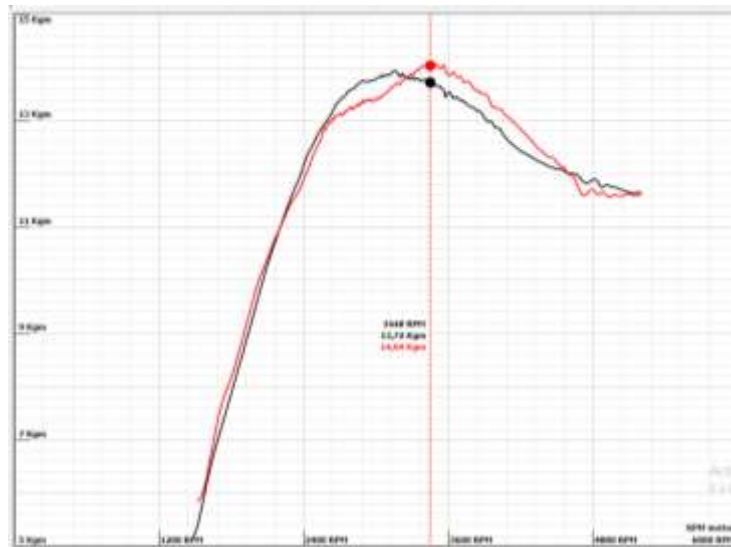
**Tabla 14: Valores obtenidos con combustible súper con aditivo Bardahl**

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Potencia</b>	RPM	5204	5201	5191	
	HP	102,4	102,3	102,2	102,3
<b>Torque</b>	RPM	3205	3159	3500	
	Kgm	14,02	13,94	14,06	14,006

Se aprecia en las figuras 53, 54 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible súper con aditivo Bardahl.



**Figura 53: Comparación de curvas de potencia con combustible súper y aditivo Bardahl**



**Figura 54: Comparación de curvas de torque con combustible súper y aditivo Bardahl**

**e. Pruebas estándar de combustible extra**

**Tabla 15: Valores obtenidos en pruebas estándar de combustible extra**

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Potencia</b>	RPM	5201	5201	5102	
	HP	96,9	95,5	94,7	95,7
<b>Torque</b>	RPM	3309	3517	3403	
	Kgm	13,29	13,54	14,25	13,69

Se aprecia en las figuras 55, 56 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible extra.

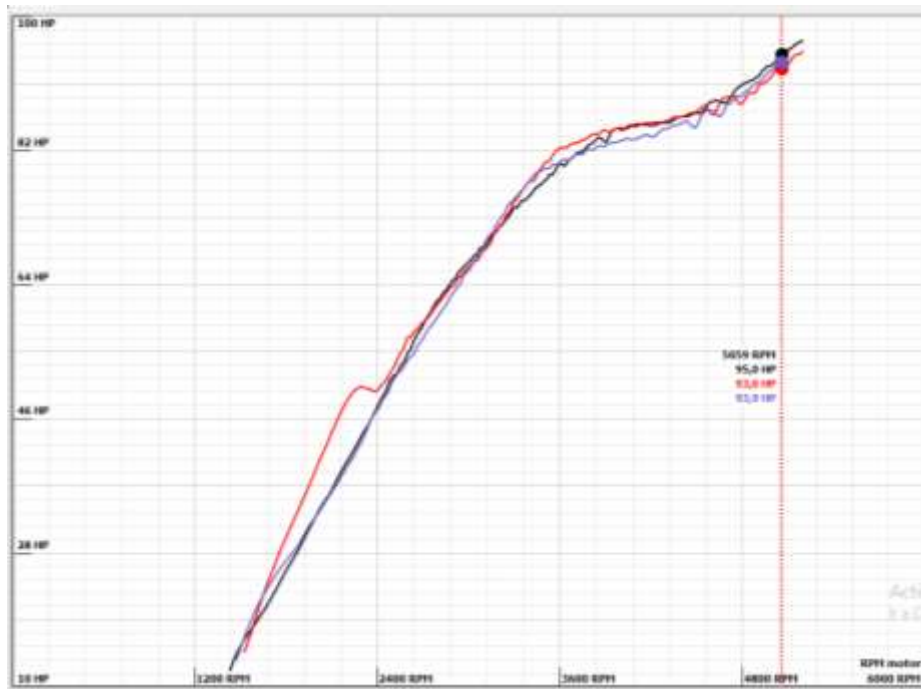


Figura 55: Comparación de curvas de potencia con combustible extra

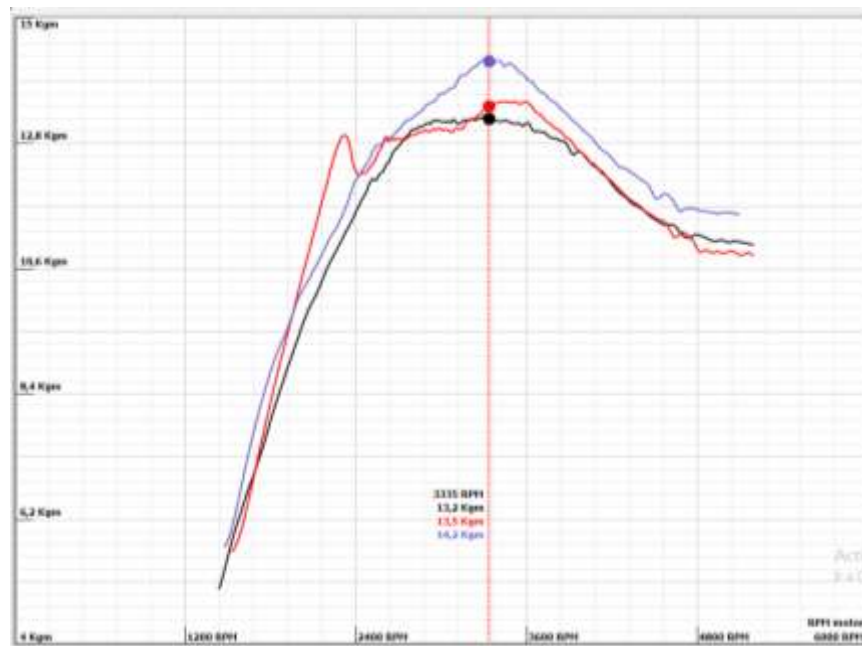


Figura 56: Comparación de curvas de torque con combustible extra

f. Pruebas de combustible extra con aditivo Nos

Tabla 16: Valores obtenidos de combustible extra con aditivo Nos

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Potencia</b>	RPM	5193	5607	5201	
	HP	102,0	102,0	101,8	101,93
<b>Torque</b>	RPM	3456	3436	3492	
	Kgm	14,05	14,28	14,64	14,32

Se aprecia en las figuras 57, 58 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible extra con aditivo NOS.

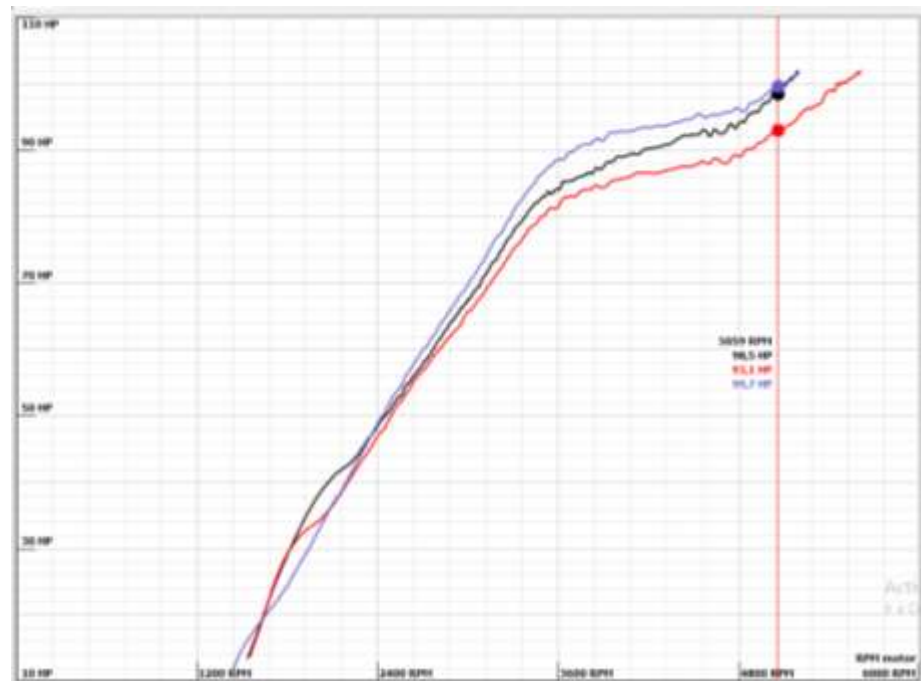
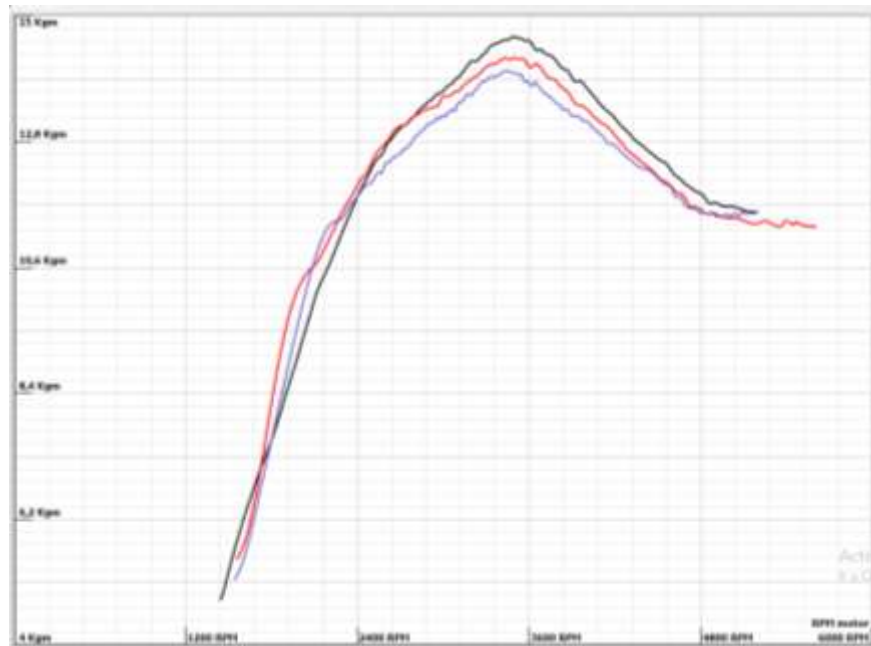


Figura 57: Comparación de curvas de potencia con combustible extra y aditivo Nos



**Figura 58: Comparación de curvas de torque con combustible extra y aditivo Nos**

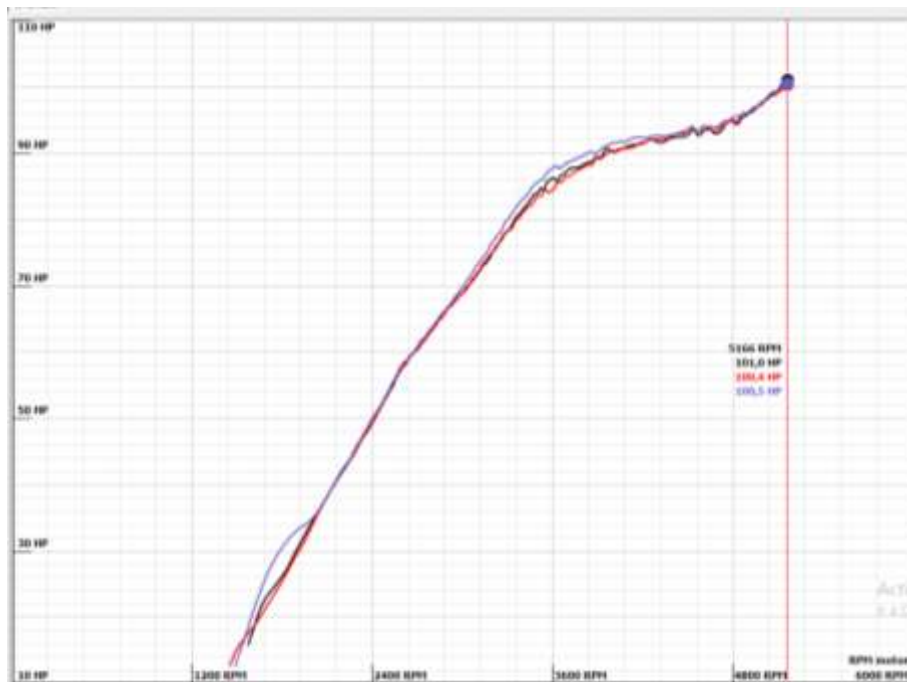
**g. Pruebas de combustible extra con aditivo Liqui Moly**

**Tabla 17: Valores obtenidos de combustible extra con aditivo Liqui Moly**

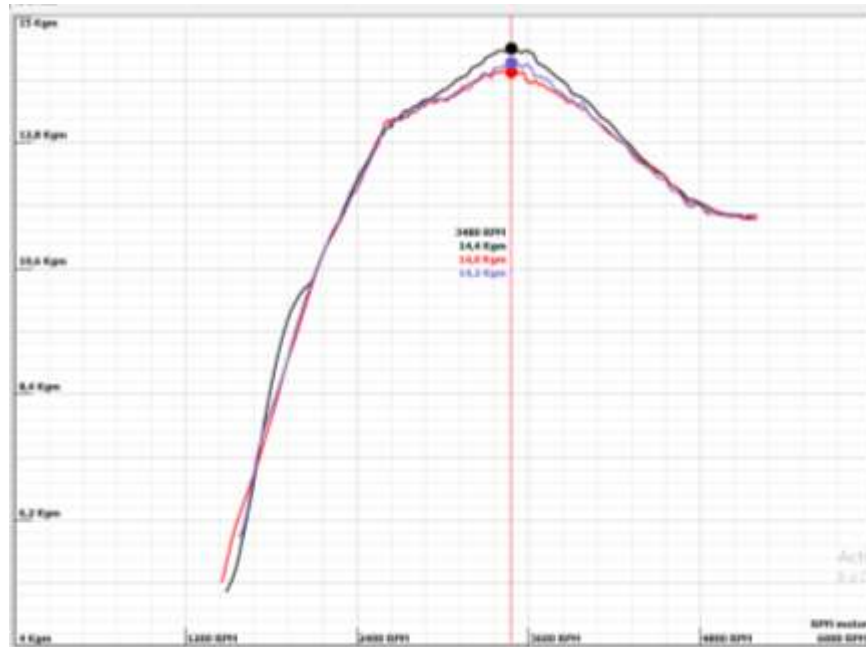
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Potencia</b>	RPM	5207	5204	5199	
	HP	101,6	101,2	100,8	101,2
<b>Torque</b>	RPM	3487	3505	3491	
	Kgm	14,20	14,06	14,45	14,23

Se aprecia en las figuras 59, 60 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible extra con aditivo Liqui Moly.





**Figura 59: Comparación de curvas de potencia con combustible extra y aditivo Liqui Moly**



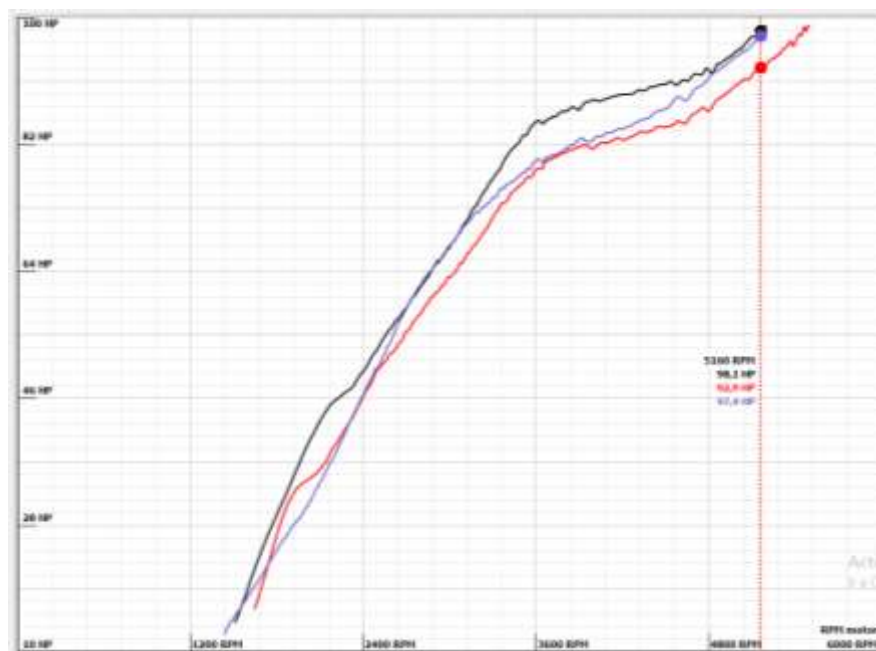
**Figura 60: Comparación de curvas de torque con combustible extra y aditivo Liqui Moly**

### h. Pruebas de combustible extra con aditivo Bardahl

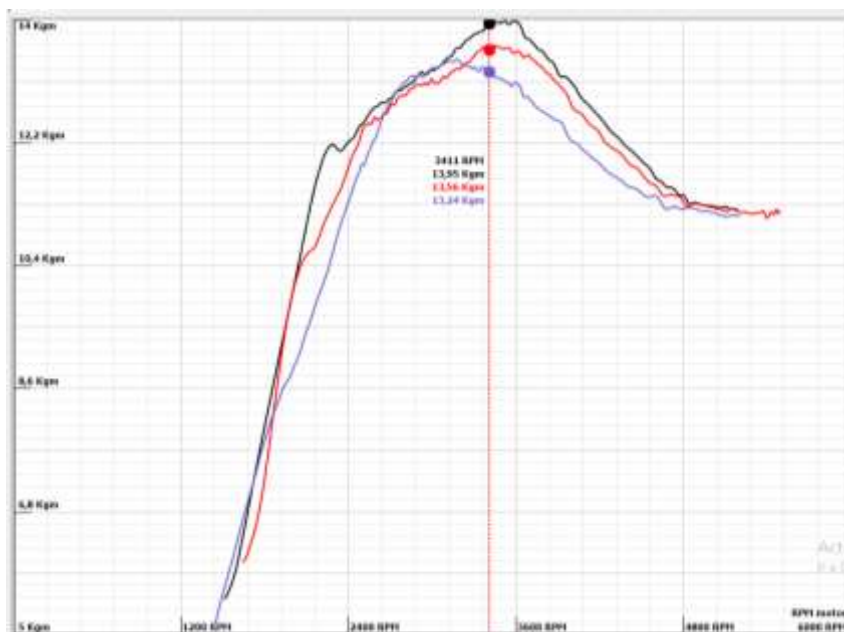
**Tabla 18: Valores obtenidos de combustible extra con aditivo Bardahl**

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Potencia</b>	RPM	5200	5495	5207	
	HP	99,0	98,8	97,8	98,53
<b>Torque</b>	RPM	3522	3448	3182	
	Kgm	13,99	13,63	13,42	13,68

Se aprecia en las figuras 61, 62 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible extra con aditivo Bardahl.



**Figura 61: Comparación de curvas de potencia con combustible extra y aditivo Bardahl**



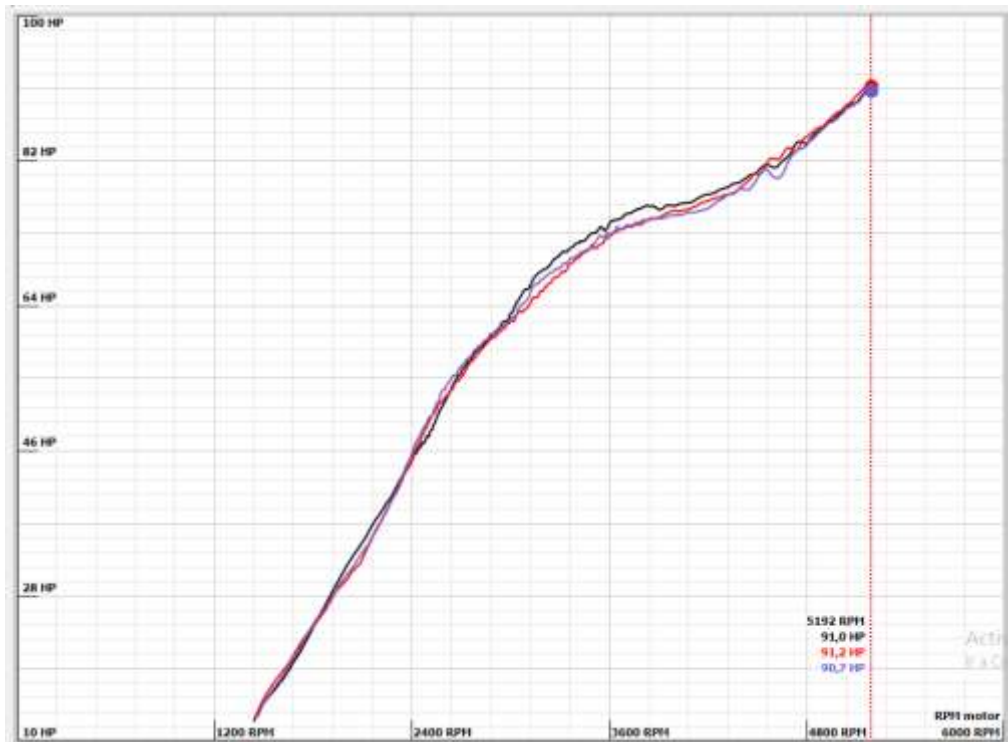
**Figura 62: Comparación de curvas de torque con combustible extra y aditivo Bardahl**

#### i. Pruebas de combustibles ecopaís

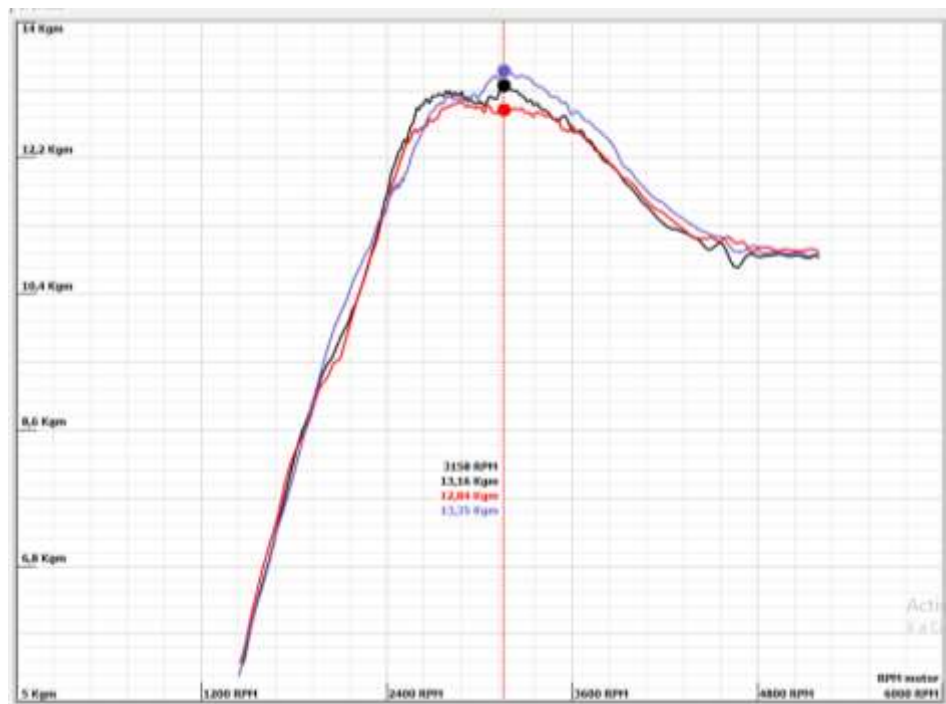
**Tabla 19: Valores obtenidos en pruebas estándar de combustible ecopaís**

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Potencia</b>	RPM	5201	5200	5204	
	HP	91,2	91,2	90,9	91,1
<b>Torque</b>	RPM	3173	2884	3151	
	Kgm	13,37	12,95	13,17	13,16

Se aprecia en las figuras 63, 64 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible ecopaís.



**Figura 63: Comparación de curvas de potencia con combustible ecopaís**



**Figura 64: Comparación de curvas de torque con combustible ecopaís**

j. Pruebas de combustible ecopaís con aditivo Nos

Tabla 20: Valores obtenidos de combustible ecopaís con aditivo Nos

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Potencia</b>	RPM	5204	5201	5206	
	HP	97,3	97,5	97,4	97,4
<b>Torque</b>	RPM	2939	3162	3427	
	Kgm	13,58	13,48	13,43	13,49

Se aprecia en las figuras 65, 66 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible ecopaís con aditivo NOS.

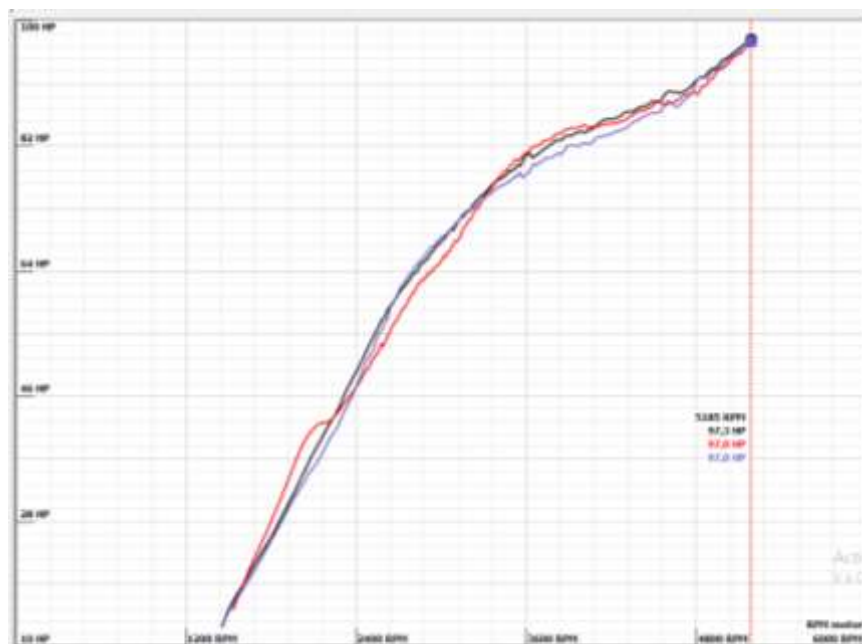
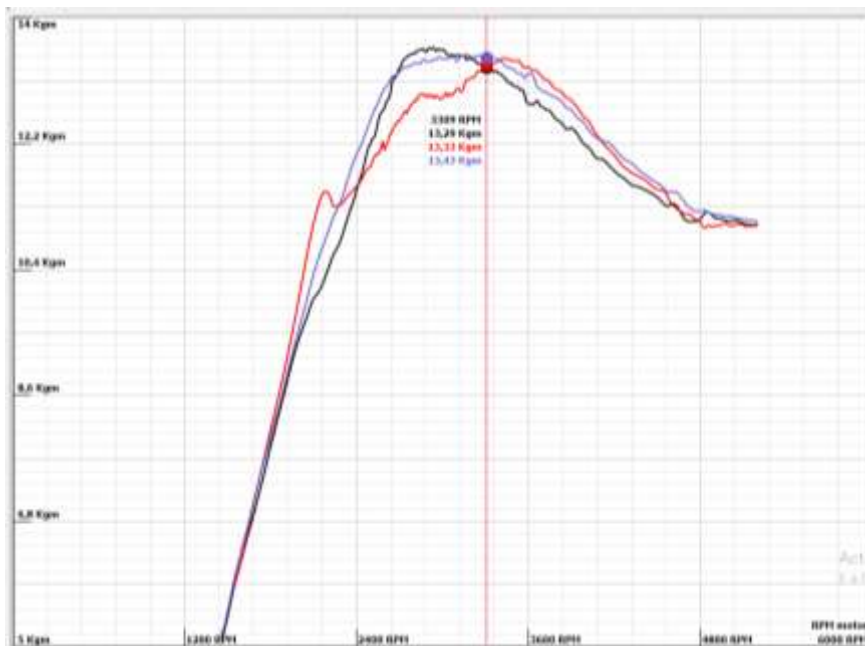


Figura 65: Comparación de curvas de potencia con combustible ecopaís y aditivo Nos



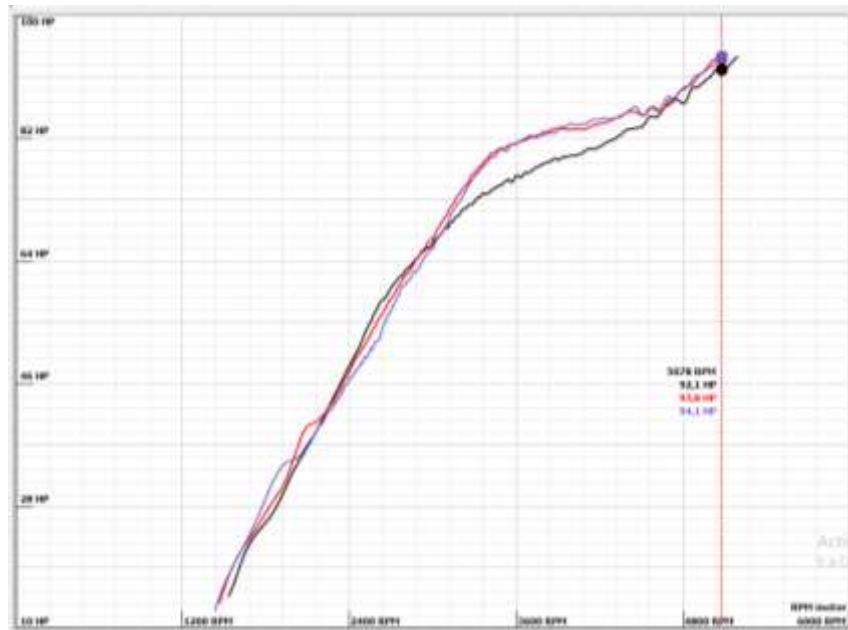
**Figura 66: Comparación de curvas de torque con combustible ecopaís y aditivo Nos**

**k. Pruebas de combustible ecopaís con aditivo Liqui Moly**

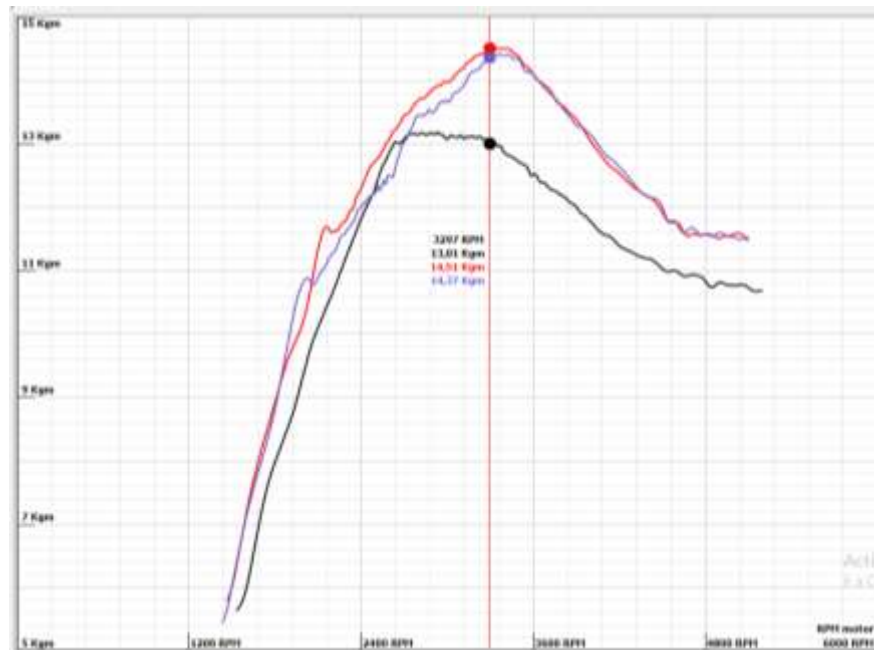
**Tabla 21: Valores obtenidos de combustible ecopaís con aditivo Liqui Moly**

		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Potencia</b>	RPM	5104	5201	5108	
	HP	94,1	94,0	94,2	94,1
<b>Torque</b>	RPM	3306	2933	3430	
	Kgm	14,52	13,18	14,42	14,04

Se aprecia en las figuras 67, 68 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible ecopaís con aditivo Liqui Moly



**Figura 67: Comparación de curvas de potencia con combustible ecopaís y aditivo Liqui Moly**



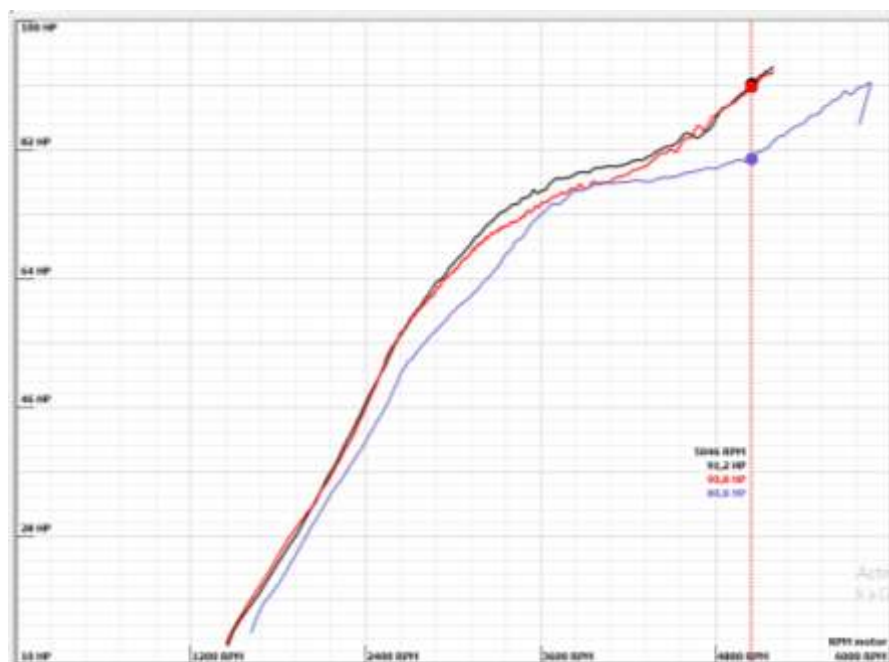
**Figura 68: Comparación de curvas de torque con combustible ecopaís y aditivo Liqui Moly**

## I. Pruebas de combustible ecopaís con aditivo Bardahl

**Tabla 22: Valores obtenidos de combustible ecopaís con aditivo Bardahl**

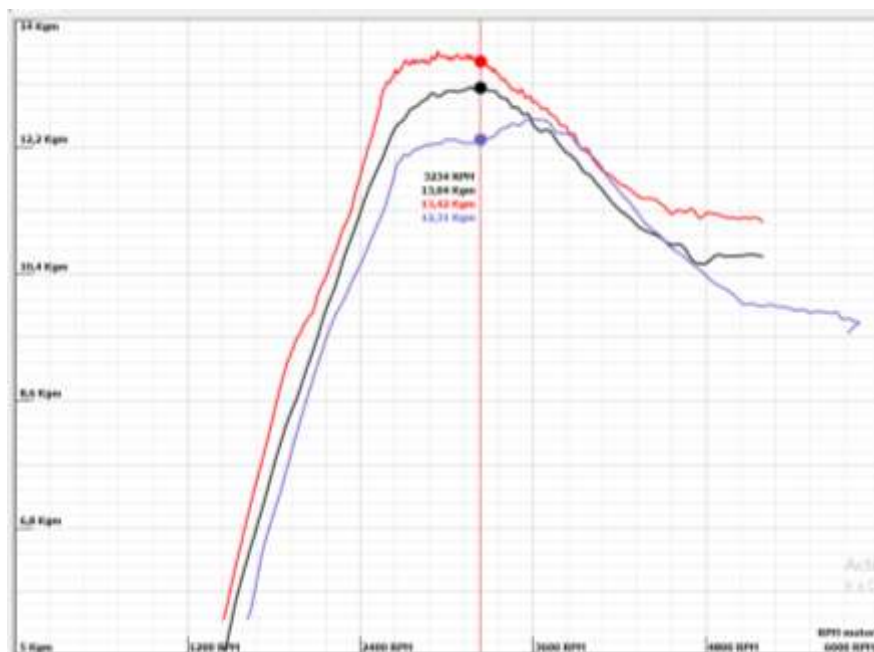
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
<b>Potencia</b>	RPM	5200	5201	5870	
	HP	93,7	93,1	91,4	92,73
<b>Torque</b>	RPM	3165	2939	3575	
	Kgm	13,05	13,56	12,61	13,07

Se aprecia en las figuras 69, 70 las comparaciones de las gráficas de potencia y torque con combustible ecopaís con aditivo Bardahl.



**Figura 69: Comparación de curvas de potencia con combustible ecopaís y aditivo Bardahl**





**Figura 70: Comparación de curvas de torque con combustible ecopaís y aditivo Bardahl**

#### 4.1.2. Tabulación del análisis de gases de escape

Para determinar los resultados en cuanto a emisiones contaminantes, se mide con el analizador de gases las mezclas aditivos – combustible con lo cual se emite un criterio sobre las ventajas o desventajas de los mismos en cuanto a sus beneficios con el medio ambiente, para esto se utiliza el analizador de gases AUTOplus KANE.

**Tabla 23: Tabulación de las pruebas de análisis de gases de escape**

	Ralentí			
	HC (ppm)	Co (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Lambda
Súper	159	0,41	12,9	0,98
Súper + Nos	190	0,83	13,5	0,97
Súper + Liqui Moly	203	0,99	13,6	0,97
Súper + Bardahl	179	0,86	13,5	0,97

Continua



Extra	100	0,36	12,4	0,99
Extra + Nos	198	0,84	13,0	0,97
Extra + Liqui Moly	202	0,81	13,0	0,96
Extra + Bardahl	220	0,99	13,1	0,97
Ecopaís	226	0,65	12,9	0,96
Ecopaís + Nos	170	1,21	13,0	1,02
Ecopaís + Liqui Moly	158	0,48	12,9	1,03
Ecopaís + Bardahl	173	0,86	13,2	0,97



**Figura 71: Parámetros del analizador de gases**

En la figura 71 se observa los parámetros del analizador de gases AUTOplus KANE, cuando se realizaron las pertinentes pruebas en el vehículo Chevrolet Aveo 1.6 utilizando combustibles con aditivos y las pruebas estándar entre los parámetros que se observa están: los hidruros de carbono, monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxígeno así también como la sonda lambda.

#### **4.1.3. Tabulación de las pruebas de consumo de combustible**

En la tabla 24 se observa el consumo de combustible al utilizar gasolina más aditivos, el cual se lo realizó con la ayuda del software OBDwiz mostrando

parámetros de tres pruebas realizadas con un promedio para lograr determinar con mayor exactitud sus resultados.

**Tabla 24: Tabulación de consumo de combustible**

Gasolina	consumo 1	consumo 2	consumo 3	PROMEDIO
	l/h	l/h	l/h	L/H
Extra	3,14	3,1	3,1	3,11333333
Extra + Bardahl	3,15	3,14	3,13	3,14
Extra + Liqui	3,05	3,02	3,08	3,05
Extra + NOS	3,11	3,01	3,11	3,07666667
Súper	3,18	3,14	3,09	3,13666667
Súper + Bardahl	3,1	3,13	3,1	3,11
Súper + Liqui	3,13	3,07	3,05	3,08333333
Súper + NOS	3,17	3,1	3,07	3,11333333
Eco	3,05	3,07	3,1	3,07333333
Eco + Bardahl	3,01	3,03	2,9	2,98
Eco + Liqui	3,05	3,08	3,03	3,05333333
Eco + NOS	3,07	3,08	3,05	3,06666667

#### 4.1.4. Tabulación de pruebas de poder calorífico de las muestras

En la tabla 25 se muestran los resultados obtenidos en la bomba calorimétrica adiabática del poder calorífico de las muestras de combustibles con aditivos

**Tabla 25: Tabulación de poder calorífico de las mezclas**

Mezclas	$T_o(^{\circ}\text{C})$	$T_f(^{\circ}\text{C})$	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$	Poder Calorífico (J/gr)
Súper	21	24,48	3,48	50251,07
Súper + NOS	21	24,22	3,22	46496,68
Súper + Liqui Moly	21	24,13	3,13	45197,08

Continua



Súper + Bardahl	21	24,23	3,23	46641,08
Extra	21	24,25	3,25	46929,88
Extra + NOS	21	24,24	3,24	46785,48
Extra + Liqui Moly	21	23,93	2,93	42309,09
Extra + Bardahl	21	24,34	3,34	48229,47
Ecopaís	21	24,21	3,21	46352,28
Ecopaís + NOS	21	24,28	3,28	47363,08
Ecopaís + Liqui Moly	21	24,61	3,61	52128,26
Ecopaís + Bardahl	21	24,40	3,40	49095,87

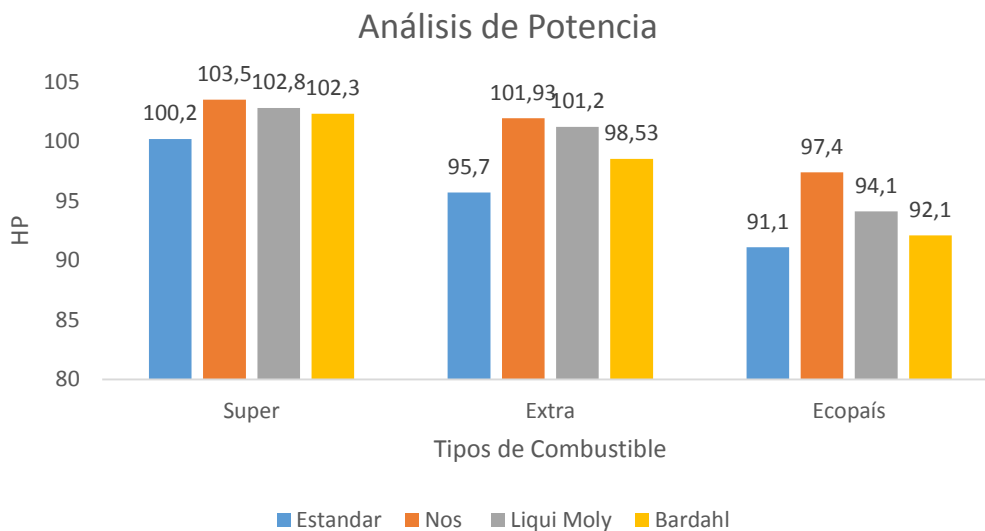
## 4.2. Análisis de resultados

Con el propósito de evaluar los beneficios que se puede obtener al usar aditivos en el combustible, se realizó el análisis de los resultados logrados en las pruebas obteniendo así datos que ayudarán a tener un criterio a cerca de las consecuencias del uso de aditivos.

### 4.2.1. Curvas de rendimiento

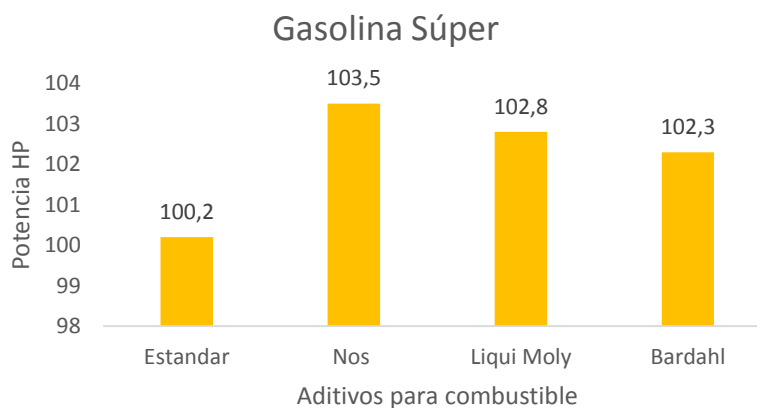
**Tabla 26: Análisis de Potencia (Hp)**

	Estándar	Nos	Liqui Moly	Bardahl
Súper	100,2	103,5	102,8	102,3
Extra	95,7	101,93	101,2	98,53
Ecopaís	91,1	97,4	94,1	92,1



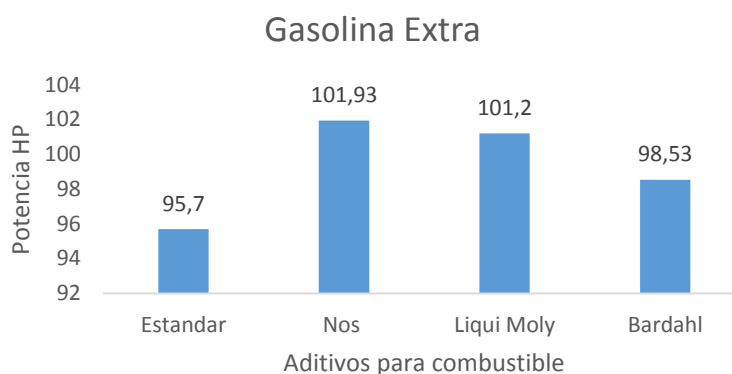
**Figura 72: Análisis de potencia entre tipos de combustible**

En la figura 72, se compara los valores estándar de combustibles en referencia a los mismos cuando se agrega distintos tipos de aditivos, mostrando cambios en su potencia.



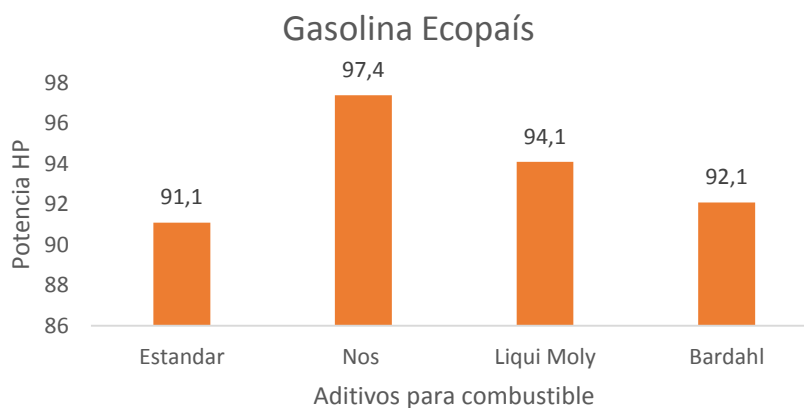
**Figura 73: Análisis de potencia entre combustible súper con aditivos**

En la figura 73, se compara el uso de aditivos en el combustible súper, donde se observa que la potencia estándar con este combustible es de 100,2 HP mientras que con el uso de aditivo Nos la potencia aumenta a 103,5 HP, con aditivo Liqui Moly crece a 102,8 HP y con Bardahl a 102,3 HP respectivamente.



**Figura 74: Análisis de potencia entre combustible extra con aditivos**

En la figura 74, se compara el uso de aditivos en el combustible extra, donde se observa que la potencia estándar con este combustible es de 95,7 HP mientras que con el uso de aditivo Nos la potencia aumenta a 101,93 HP, con aditivo Liqui Moly asciende a 101,2 HP y con Bardahl a 98,53 HP respectivamente.

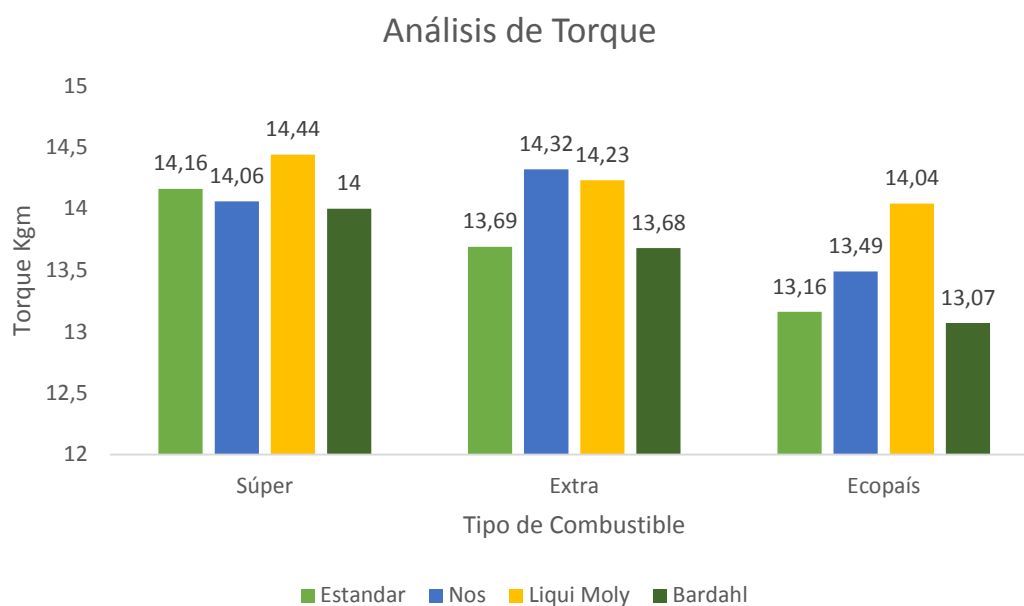


**Figura 75: Análisis de potencia entre combustible ecopaís con aditivos**

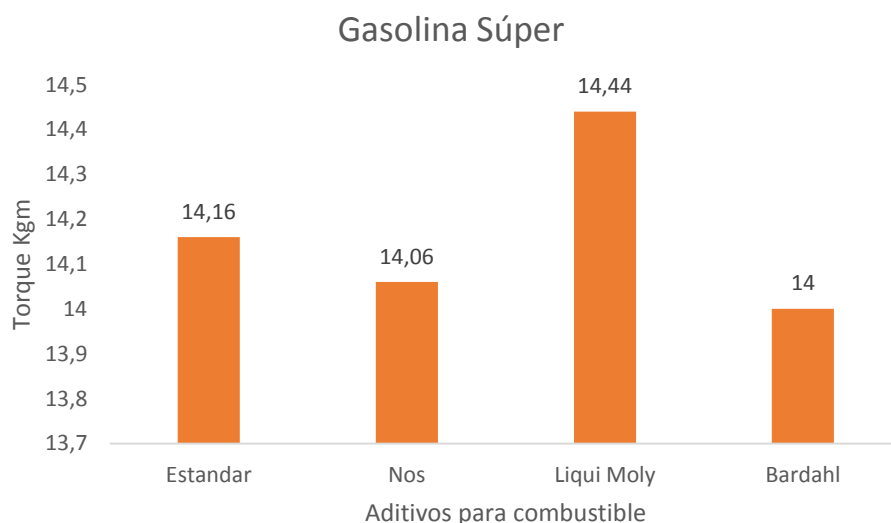
En la figura 75, se compara el uso de aditivos en el combustible ecopaís, con el que se observa que la potencia estándar que desarrolla en el motor es de 91,1 HP mientras que con el uso de aditivo Nos la potencia aumenta a 97,4 HP, con aditivo Liqui Moly crece a 94,1 HP y con Bardahl a 92,1 HP respectivamente.

**Tabla 27: Análisis de Torque (Kgm)**

	Estándar	Nos	Liqui Moly	Bardahl
Súper	14,16	14,06	14,44	13
Extra	13,69	14,32	14,23	13,68
Ecopaís	13,16	13,49	14,04	13,07

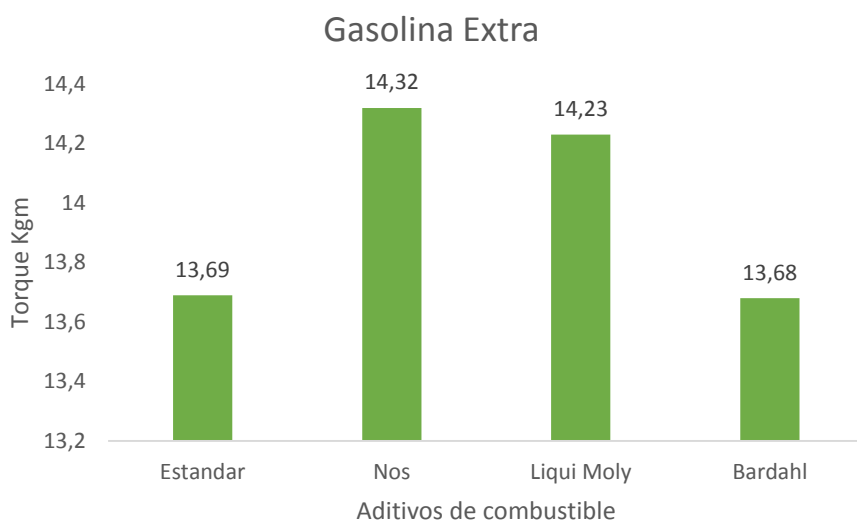
**Figura 76: Análisis de torque entre combustibles más aditivos**

En la figura 76, se compara los valores estándar de combustibles en referencia a los mismos cuando se agrega distintos tipos de aditivos, mostrando cambios en su torque.



**Figura 77: Análisis de torque entre combustible súper más aditivos**

En la figura 77, se compara el uso de aditivos en el combustible súper, donde se observa que el torque estándar con este combustible es de 14,16 Kgm mientras que con el uso de aditivo Nos el torque disminuye a 14,06 Kgm, con aditivo Liqui Moly aumenta a 14,44 Kgm y con Bardahl a 14 Kgm respectivamente.

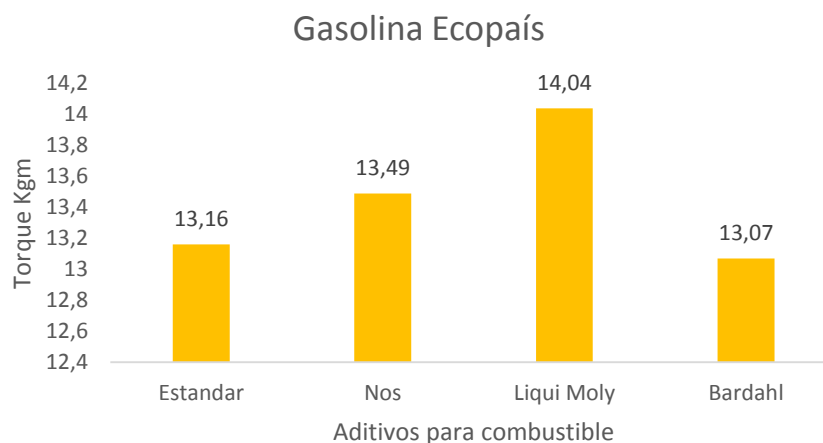


**Figura 78: Análisis de torque entre combustible súper más aditivos**

En la figura 78, se compara el uso de aditivos en el combustible extra, donde se observa que el torque estándar con este combustible es de 13,69



Kgm mientras que con el uso de aditivo Nos el torque aumenta a 14,32 Kgm, con aditivo Liqui Moly asciende a 14,23 Kgm y con Bardahl a 13,68 Kgm respectivamente.

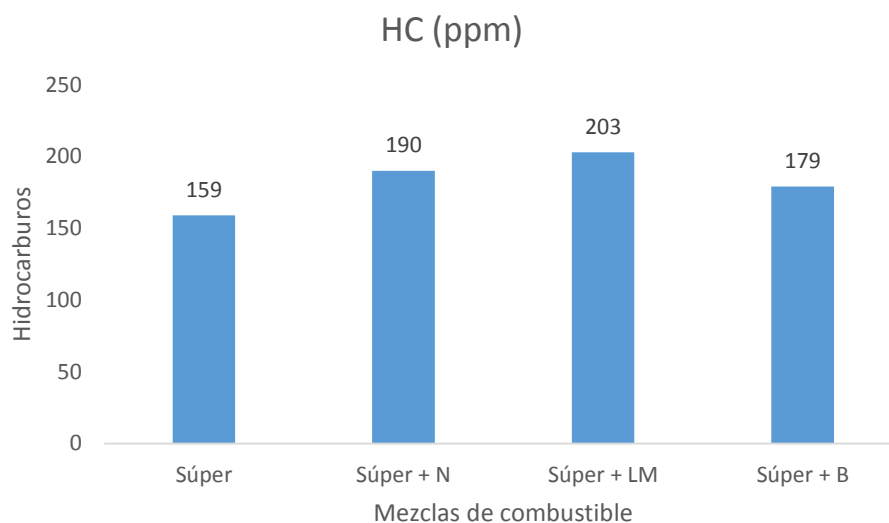


#### **Figura 79: Análisis de torque entre combustible súper más aditivos**

En la figura 79, se compara el uso de aditivos en el combustible ecopaís, con el que se observa que el torque estándar que desarrolla en el motor es de 13,16 Kgm mientras que con el uso de aditivo Nos el torque aumenta a 13,49 Kgm, con aditivo Liqui Moly crece a 14,04 Kgm y con Bardahl a 92,1 Kgm respectivamente.

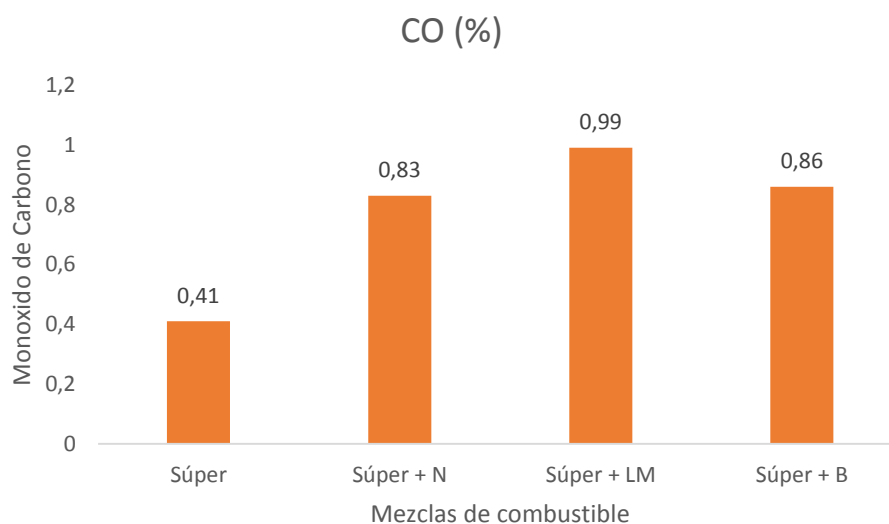
#### **4.2.2. Análisis de gases de escape**

De acuerdo con las pruebas realizadas en el analizador de gases se hace referencia y se tiene un criterio a cerca de lo que sucede con los gases de escape una vez que se está utilizando combustibles, y aditivando a los mismos para determinar un análisis de resultados.



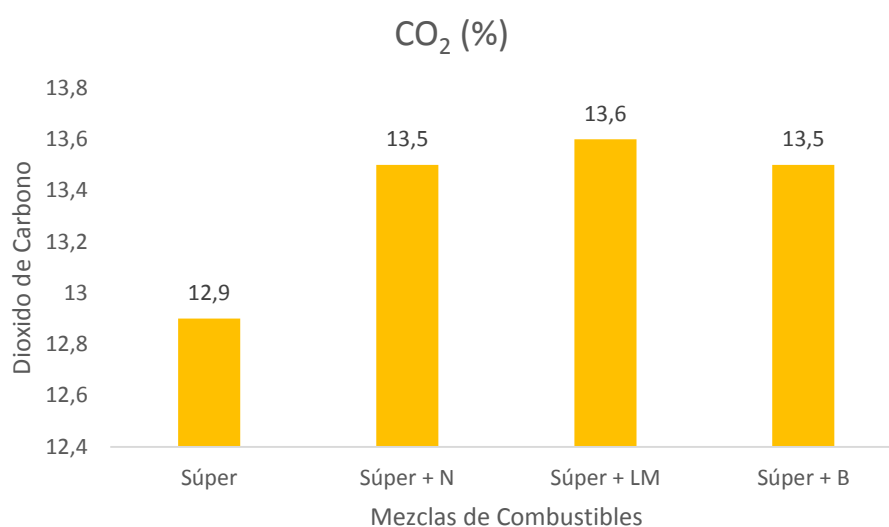
**Figura 80: Análisis de gases de escape HC en combustible súper**

Como se aprecia en la figura 80 al utilizar aditivos en el combustible súper las emisiones contaminantes de hidrocarburos aumentan, cuando se usa aditivo Nos de 159 ppm a 190, con aditivo Liqui Moly a 203 ppm siendo este el más contaminante y con Bardahl aumenta a 179 ppm. Por lo que el uso de aditivos en el combustible súper aumenta la contaminación de los gases HC que salen al ambiente.



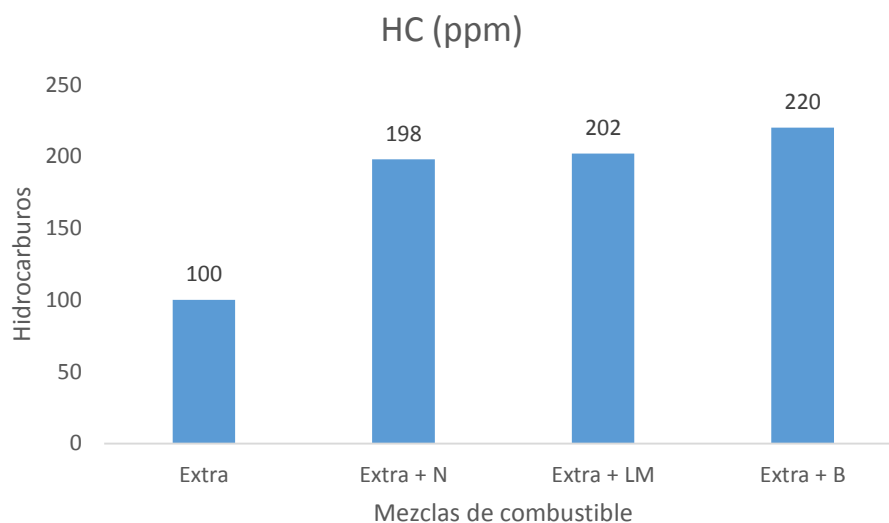
**Figura 81: Análisis de gases de escape CO en combustible súper**

Como se aprecia en la figura 81 al utilizar aditivos en el combustible súper las emisiones contaminantes de Monóxido de Carbono aumenta, cuando se usa aditivo Nos de 0,41% a 0,83%, con aditivo Liqui Moly a 0,99% siendo este el más contaminante y con Bardahl aumenta a 0,86%. Por lo que el uso de aditivos en el combustible súper aumenta la contaminación de los gases CO que salen al ambiente.



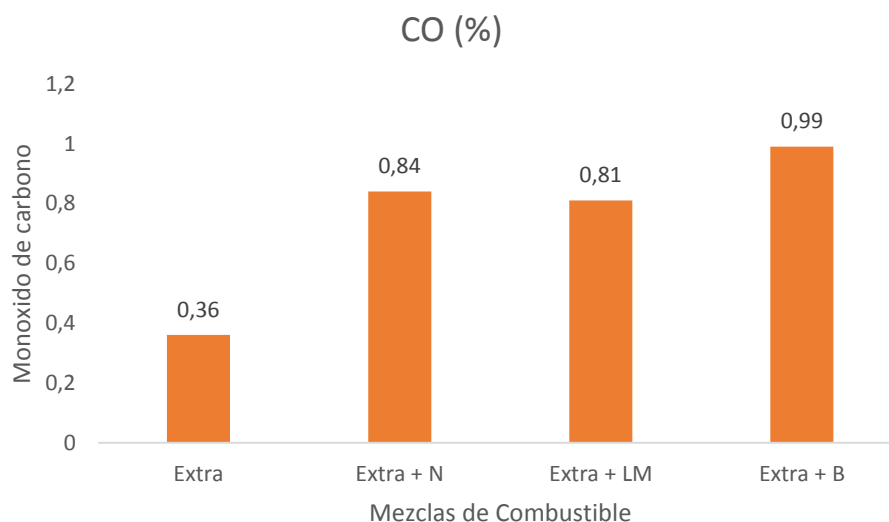
**Figura 82: Análisis de gases de escape  $\text{CO}_2$  en combustible súper**

Como se aprecia en la figura 82 al utilizar aditivos en el combustible súper las emisiones contaminantes de Dióxido de Carbono aumenta, cuando se usa aditivo Nos de 12,9% a 13,5%, con aditivo Liqui Moly a 13,6% y con Bardahl aumenta a 13,5%. Por lo que el uso de aditivos en el combustible súper aumenta las partículas de los gases  $\text{CO}_2$  que salen al ambiente.



**Figura 83: Análisis de gases de escape HC en combustible extra**

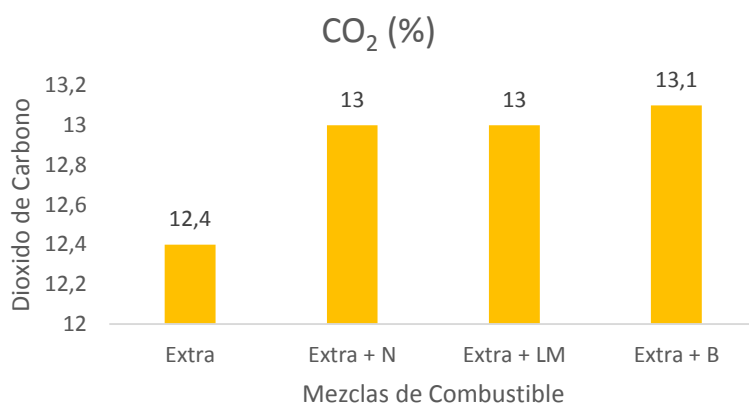
Como se aprecia en la figura 83 al utilizar aditivos en el combustible extra las emisiones contaminantes de hidrocarburos aumenta, cuando se usa aditivo Nos de 100 ppm a 198, con aditivo Liqui Moly a 202 ppm y con Bardahl aumenta a 220 ppm. Por lo que el uso de aditivos en el combustible extra aumenta las partículas de los gases HC que salen al ambiente.



**Figura 84: Análisis de gases de escape CO en combustible extra**

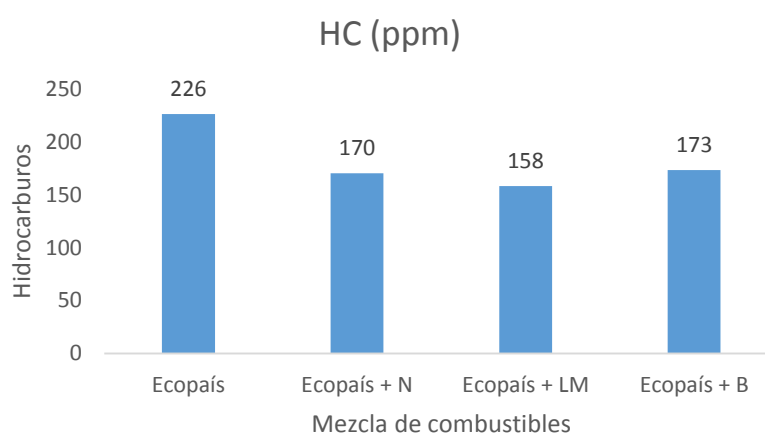
Como se aprecia en la figura 84 al utilizar aditivos en el combustible extra las emisiones contaminantes de Monóxido de Carbono aumenta, cuando

se usa aditivo Nos de 0,36% a 0,84%, con aditivo Liqui Moly a 0,81% y con Bardahl aumenta a 0,99%. Por lo que el uso de aditivos en el combustible extra aumenta la contaminación de los gases CO que salen al ambiente.



**Figura 85: Análisis de gases de escape CO<sub>2</sub> en combustible extra**

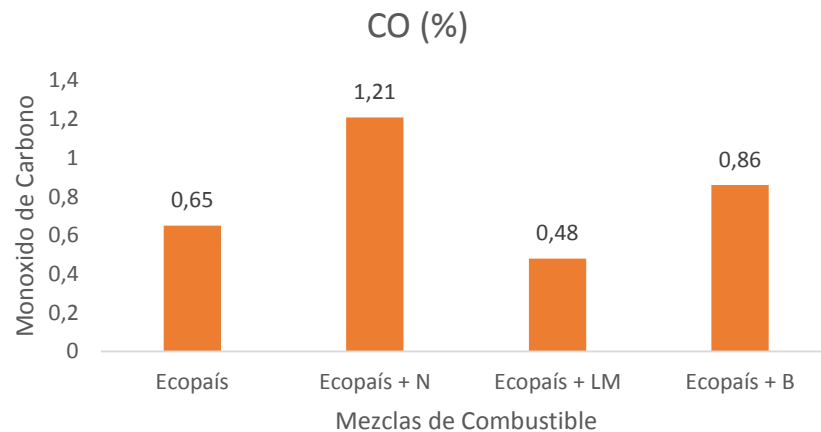
Como se aprecia en la figura 85 al utilizar aditivos en el combustible extra las emisiones contaminantes de Dióxido de Carbono aumenta, cuando se usa aditivo Nos de 12,4% a 13%, con aditivo Liqui Moly a 13% y con Bardahl aumenta a 13,1%. Por lo que el uso de aditivos en el combustible extra aumenta las partículas de los gases CO<sub>2</sub> que salen al ambiente



**Figura 86: Análisis de gases de escape HC en combustible ecopaís**

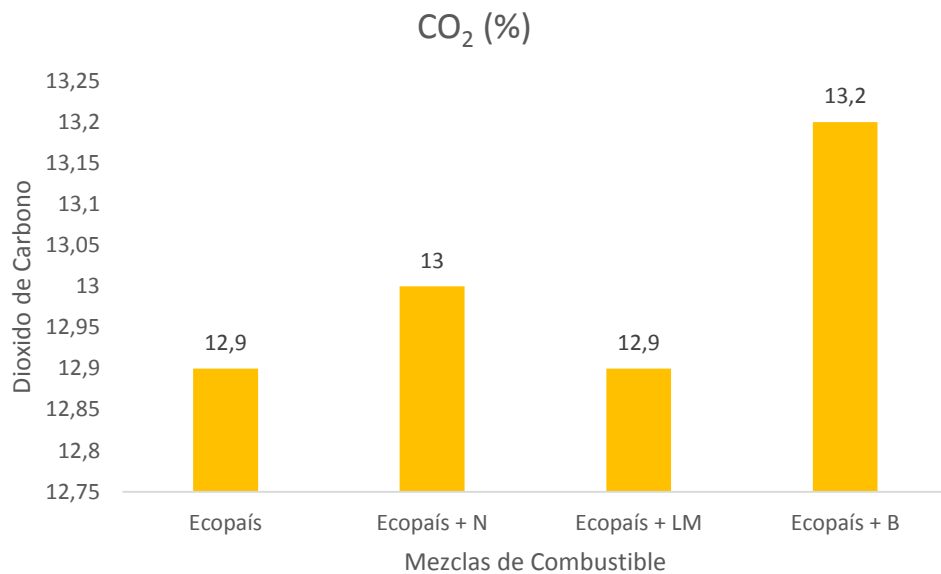
Como se aprecia en la figura 86 al utilizar aditivos en el combustible ecopaís las emisiones contaminantes de hidrocarburos disminuyen, cuando

se usa aditivo Nos de 226 ppm a 170, con aditivo Liqui Moly a 158 ppm y con Bardahl a 173 ppm. Por lo que el uso de aditivos en el combustible ecopaís disminuye las partículas de los gases HC que salen al ambiente.



**Figura 87: Análisis de gases de escape CO en combustible ecopaís**

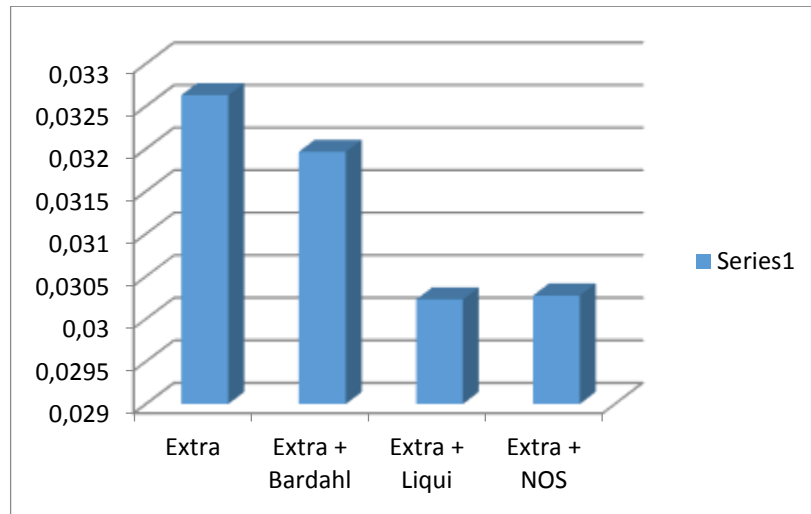
Como se aprecia en la figura 87 al utilizar aditivos en el combustible ecopaís las emisiones contaminantes de Monóxido de Carbono aumenta para el caso de dos aditivos y para el caso de Liqui Moly disminuye, cuando se usa aditivo Nos de 0,65% a 1,21%, con aditivo Liqui Moly a 0,48% y con Bardahl aumenta a 0,86%. En este caso el aditivo Liqui Moly sería el más efectivo para la reducción de partículas de CO al ambiente



**Figura 88: Análisis de gases de escape CO<sub>2</sub> en combustible ecopaís**

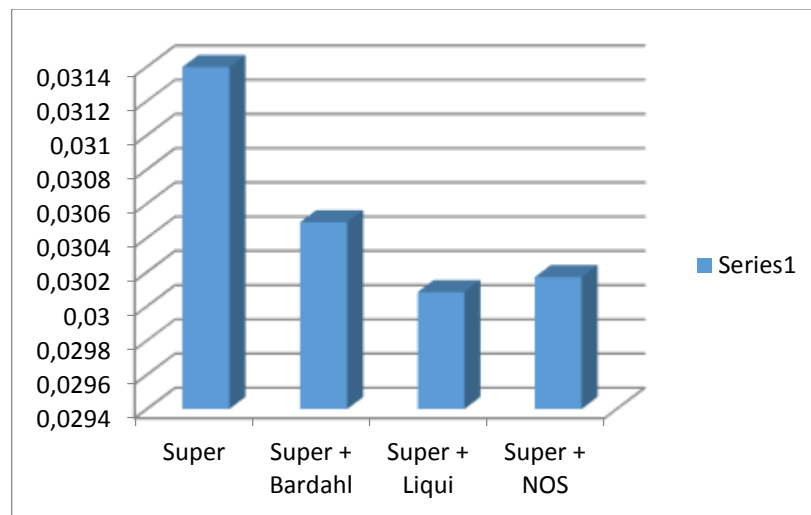
Como se aprecia en la figura 88 al utilizar aditivos en el combustible ecopaís las emisiones contaminantes de Dióxido de Carbono aumenta por lo general, cuando se usa aditivo Nos de 12,9% a 13%, con aditivo Liqui Moly se mantiene en 12,9% y con Bardahl aumenta a 13,2%. Por lo que el uso de aditivos en el combustible ecopaís aumenta las partículas de los gases CO<sub>2</sub> que salen al ambiente y en el caso del aditivo Liqui Moly se mantiene.

### 4.2.3. Consumo de combustible



**Figura 89: Análisis consumo de combustible extra**

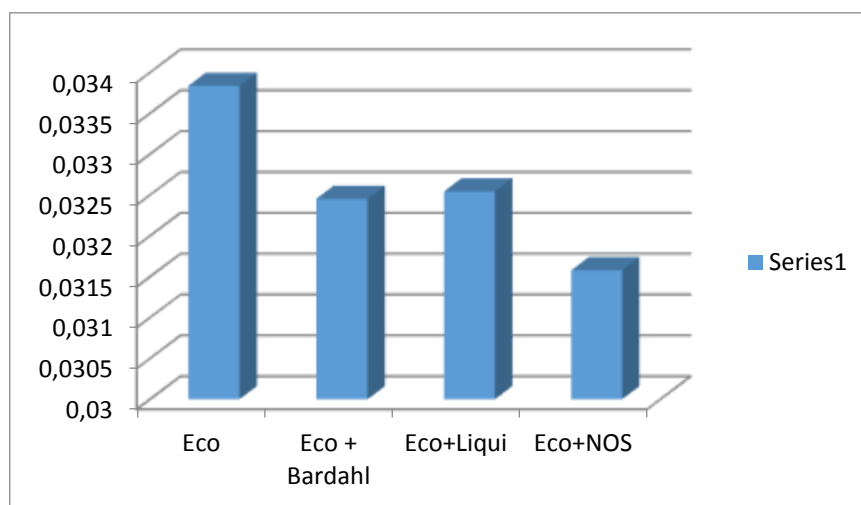
En la figura 89, en el caso del combustible extra cuando existe la presencia de aditivos el consumo de combustible disminuye, siendo con aditivo Liqui Moly el que más reduce el consumo de combustible.



**Figura 90: Análisis consumo de combustible súper**

En la figura 90, en el caso del combustible súper cuando existe la presencia de aditivos el consumo de combustible disminuye, siendo con aditivo Liqui Moly el que más reduce el consumo de combustible.

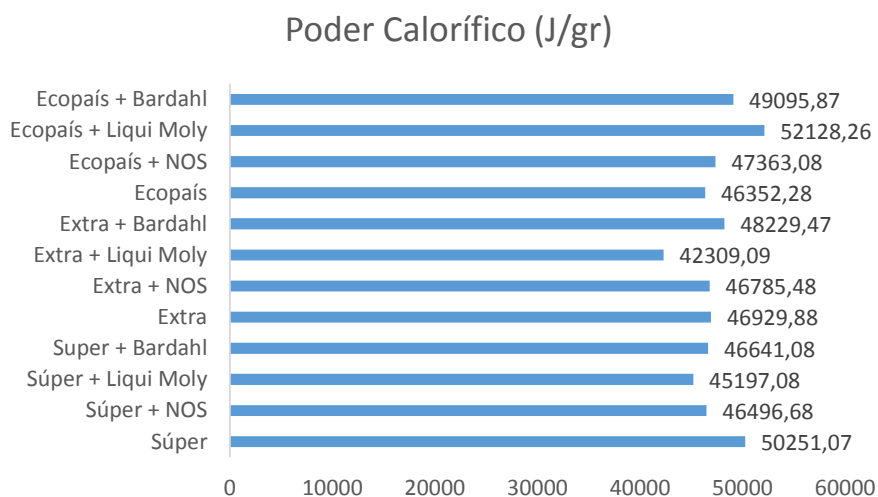




**Figura 91: Análisis consumo de combustible ecopaís**

En la figura 91, en el caso del combustible ecopaís cuando existe la presencia de aditivos el consumo de combustible disminuye, siendo con aditivo Nos el que más reduce el consumo de combustible.

#### 4.2.4. Poder calorífico



**Figura 92: Análisis de poder calorífico**

En la figura 92 se aprecia los valores de poder calorífico de las mezclas combustible – aditivos se aprecia que el que mayor poder calorífico posee es la mezcla de combustible ecopaís con Liqui Moly con un valor de 52128,26

J/gr en la mayoría de casos el combustible con aditivos si mejora el poder calorífico.

### 4.3. Matematización de cálculos

Mediante la utilización de fórmulas matemáticas y datos técnicos del motor E-TEC II, se procedió a calcular el torque, potencia y consumo de combustible específico y poder calorífico.

#### 4.3.1. Cálculo de potencia y consumo

Para el cálculo de torque y potencia se utilizó las condiciones atmosféricas de la ciudad de Latacunga.

La potencia se calcula con la ecuación 24.

$$P = \tau * \omega \quad (8)$$

#### **Ecuación 8: Potencia**

**Fuente:** (Rodríguez, 2012).

#### 4.3.2. Cálculo del consumo específico de combustible

Para el cálculo del consumo específico de combustible se utilizan datos del motor.

$$B = \text{Consumo indicado} * \delta_{\text{gasolina}} \quad (9)$$

#### **Ecuación 9: Consumo de combustible teórico**

**Fuente:** (Mena, 2011).

El consumo específico indicado de combustible se deduce empleando la ecuación 10.

$$b_i = \frac{B * 3600}{N_i} \quad (10)$$

#### Ecuación 10: Consumo específico de combustible

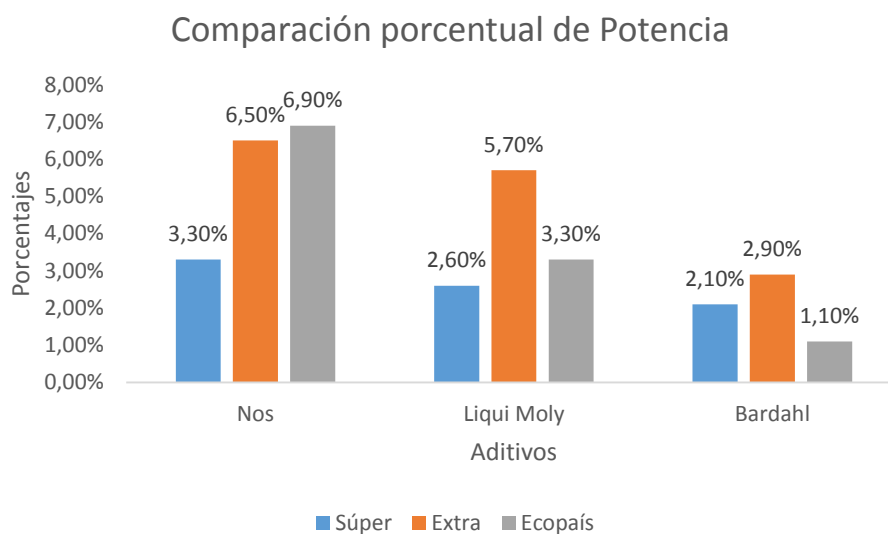
Fuente: (Mena, 2011).

#### 4.4. Comparación de valores porcentuales

**Tabla 28: Comparación porcentual de la potencia**

	Nos	Liqui Moly	Bardahl
Súper	3,3%	2,6%	2,1%
Extra	6,5%	5,7%	2,9%
Ecopaís	6,9%	3,3%	1,1%

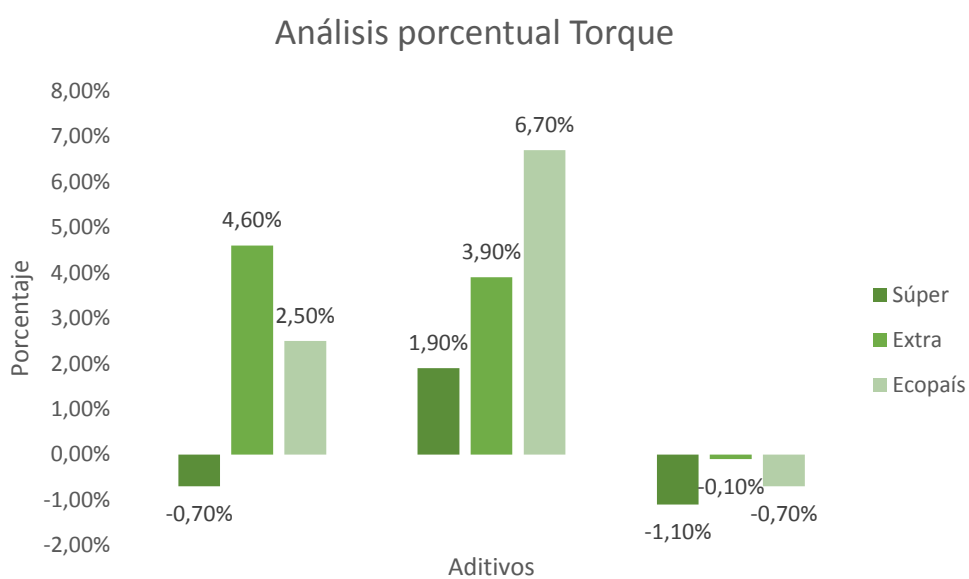
En la tabla 28 se referencia los valores que se obtuvo con el combustible estándar y el porcentaje en que subió la potencia del vehículo una vez hecha la mezcla con gasolina – aditivos, en el caso de la gasolina súper se evidencia que al usar aditivo Nos la potencia aumenta en un 3,3% con relación al combustible estándar, mientras que con el aditivo Liqui Moly aumenta en 2,6% y con Bardahl en 2,1% respectivamente, en el caso de la gasolina extra se observa que de acuerdo con sus parámetros existe un aumento de 6,5% con el aditivo Nos con relación a las pruebas estándar 5,7% para el aditivo Liqui Moly y un aumento de 2,9% para el aditivo Bardahl, en el caso del combustible ecopaís se observa un aumento del 6,9% de la potencia en relación a las pruebas con el mismo combustible, mientras que si se agrega aditivo Nos hay un aumento de 6,9% en la potencia manejada por el motor, 3,3% para el combustible Liqui Moly, y 1,1% para el aditivo Bardahl.



**Figura 93: Comparación porcentual potencia**

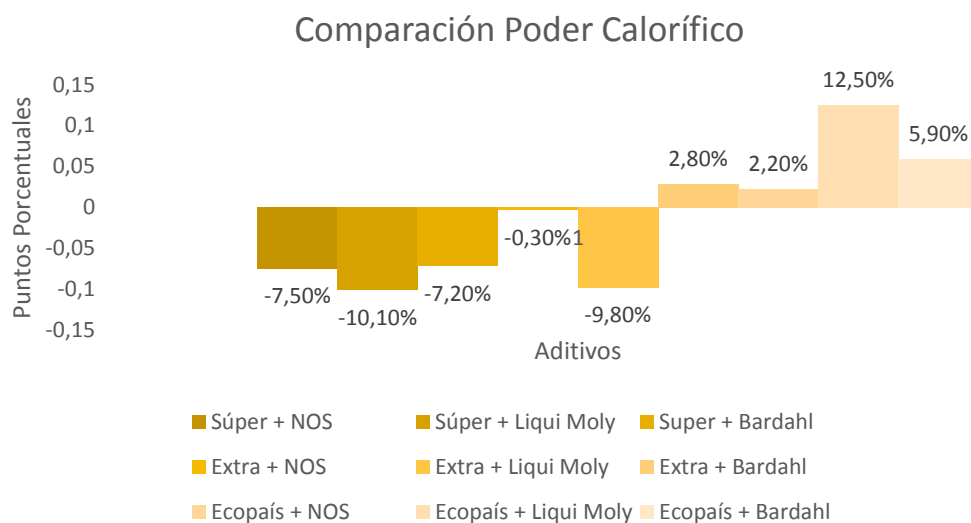
**Tabla 29: Comparación porcentual de Torque**

	Nos	Liqui Moly	Bardahl
Súper	-0,7%	1,9%	-1,1%
Extra	4,6%	3,9%	-0,1%
Ecopaís	2,5%	6,7%	-0,7%



**Figura 94: Comparación porcentual de torque**

Para el caso del combustible súper y tomando como valores de referencia los valores de torque estándar de los combustibles sin aditivos en el dinamómetro, se observa que con el aditivo Nos el torque baja un pequeño porcentaje de 0,7% mientras que con aditivo Liqui Moly el torque se incrementa en un 1,9% y el aditivo Bardahl también disminuye en 1,1% lo que indica que para el caso de la gasolina súper, el aditivo Liqui Moly es el más conveniente y el único que aumento del torque, para el caso de la gasolina extra se observa que con la presencia del aditivo Nos el torque aumenta 4,6% para el aditivo Liqui Moly 3,9% y para el aditivo Bardahl disminuye en 1% del torque, si se utiliza gasolina ecopaís mas aditivo Nos existe un incremento de 2,5% en el torque, con aditivo Liqui Moly se observa 6,7% siendo este el incremento más alto, y para el aditivo Bardahl se observa una disminución en 0,7% del torque.



**Figura 95: Comparación porcentual de poder calorífico**

Como se aprecia en el caso de la gasolina súper con aditivos no existe ningún incremento en el poder calorífico, en el caso del combustible extra hay un incremento con el aditivo Bardahl de 2,8% mientras que con el combustible ecopaís todos sus valores incrementaron de 2,2%, 12,5% y 5,9% con los aditivos Nos, Liqui Moly y Bardahl respectivamente.

## CAPÍTULO V

### 5. MARCO ADMINISTRATIVO

Los aspectos económicos y administrativos del proyecto de investigación establecen las medidas necesarias relacionadas con la posibilidad de los recursos y la factibilidad de los mismos.

#### 5.1. Factibilidad de la investigación

Los recursos necesarios para la elaboración del proyecto, los recursos humanos y materiales son fundamentales para llegar a cumplir las metas del mismo. De tal manera es primordial realizar el presupuesto tomando en cuenta todos estos parámetros.

#### 5.2. Recursos

##### 5.2.1. Recursos humanos

El personal de apoyo para la investigación está integrado por Andrés Barreno y Wladimir Cruz con el asesoramiento del Ingeniero Germán Erazo e Ingeniero Luis Mena

**Tabla 30: Recursos humanos**

	Andrés Barreno
	Wladimir Cruz
	Germán Erazo
	Luis Mena

### 5.2.2. Recursos físicos

Los recursos físicos son de mucha importancia ya que de estos dependen el desarrollo práctico y teórico de la investigación, se debe presentar lugares seguros para realizar las mediciones y obtener los datos más precisos.

**Tabla 31: Recursos físicos**

Recursos físicos	
Desarrollo práctico	Laboratorio de Motores de la Universidad de las Fuerzas armadas ESPE-L Extensión Latacunga.
Desarrollo práctico	Laboratorio de motores de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE matriz
Desarrollo teórico	Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L Extensión Latacunga Domicilio investigadores

### 5.2.3. Recursos materiales

Para ejecutar el proyecto y llegar a obtener el objetivo principal de la investigación es necesario el uso de materiales físicos indispensables que se utilizan durante la elaboración del proyecto y se muestra en la tabla 32.

**Tabla 32: Recursos materiales**

Recursos Materiales					
Ord	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Aditivo NOS OCTANE BOOSTER	3	Unidad	35	105
2	Aditivo Octane Plus	3	Unidad	20	60
3	Aditivo Octane Booster	3	Unidad	15	45
4	Gasolina extra	15	Galones	1.48	22.2
5	Gasolina súper	15	Galones	2.50	37.5
6	Gasolina eco-país	15	Galones	3.00	45
7	Bomba de combustible	1	Unidad	100	100

Continua



8	Pruebas poder calorífico	1	Unidad	40	40
9	Analizador de gases AUTOplus	1	Unidad	100	100
10	Dinamómetro MOTORROLL	1	Unidad	80	80
11	Instalación	1	Unidad	60	60
12	Combustible	30	Galones	1.5	45
13	Calculadora	1	Unidad	15	15
14	Impresiones	500	Unidad	0.05	25
15	Resma de papel	1	Unidad	6	6
16	Mantenimiento del vehículo	1	Unidad	50	50
				<b>Total</b>	<b>835.7</b>

#### 5.2.4. Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos son los materiales y equipos que facilitaron la elaboración de la investigación y la realización de las diferentes pruebas que permitió cumplir con los objetivos y metas planteadas.

Los recursos tecnológicos utilizados se detallan a continuación:

**Tabla 33: Recursos tecnológicos**

Software BLAHA	Control de la prueba de Torque y Potencia
Software AUTOplus KANE	Control de la prueba de análisis de gases
Microsoft Word /Excel	Producción escrito /Tabulación

**Tabla 34: Costos recursos tecnológicos**

Recursos Tecnológicos					
Ord	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Software BLAHA	1	Unidad	50	50
2	Software AUTOplus KANE	1	Unidad	20	20
3	Microsoft Word/Excel	1	Unidad	100	100
<b>Total</b>					<b>170</b>

### 5.3. Presupuesto del proyecto



Para realizar este tipo de investigación se calculó los diferentes gastos materiales y tecnológicos por separado para poder saber así el gasto total del proyecto

**Tabla 35: Presupuesto del proyecto**

<b>Gasto total del proyecto</b>		
Ord	Descripción	Costo Total
1	Recursos Tecnológicos	170
2	Recursos Materiales	835.7
<b>Total</b>		<b>1005.7</b>

#### **5.4. Análisis de costo del proyecto**

Antes de realizar el presente proyecto se ejecutó la revisión y mantenimiento del sistema de encendido del vehículo, además se adquirió equipo que facilitó la realización de las pruebas y la toma de datos, gastos que fueron financiados por los señores Andrés Barreno y Wladimir Cruz.

#### **5.5. Análisis del costo beneficio**

En relación al costo beneficio se evidencia tres beneficios directos obtenidos tras la ejecución de este proyecto, el primero, el beneficio personal, el conocimiento adquirido por parte del equipo investigador, el segundo beneficio es para los estudiantes que ahora cuentan con un aporte académico que servirá como base para fuente de consulta de futuras investigaciones, prácticas de laboratorio, y el tercero servirá para concientizar a la sociedad que el uso de aditivos para gasolina ayuda al aumento de la potencia del vehículo, pero es perjudicial para el medio ambiente ya que sus emisiones contaminantes incrementan, por lo que los gastos resultan no justificados.

## 5.6. Cronograma

En la figura 96, se detalla las actividades realizadas a lo largo del proyecto de investigación hasta su finalización.

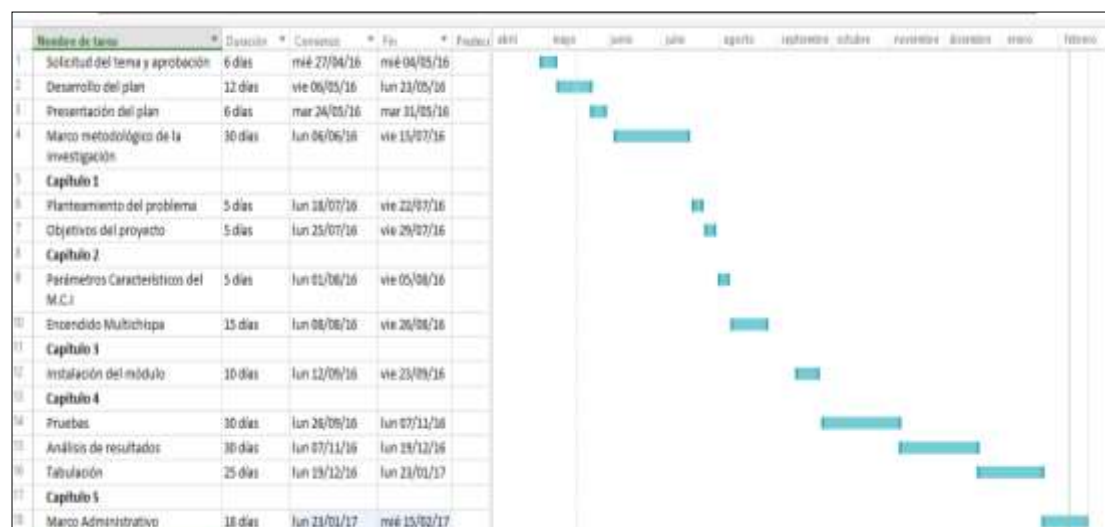


Figura 96: Cronograma de actividades

## CONCLUSIONES

- Las pruebas realizadas en un motor E-TEC II que pertenece a un vehículo Chevrolet Aveo 1.6 determinaron que si existen cambios en los parámetros característicos del vehículo puesto que aumentaron su potencia y en algunos casos también su torque.
- Se determinó que cuando se utilizan aditivos para aumentar el octanaje de la gasolina comercial en el Ecuador, aumentan las partículas de gases contaminantes que salen al ambiente.

- El aporte en la presente investigación en la mayor parte se da en el aumento de la potencia del vehículo, ya que existen otros parámetros que no son tan favorables con el uso de aditivos en el combustible.
- En cuanto a los parámetros térmicos se determinó los poderes caloríficos de las mezclas de combustibles, siendo estos resultados que si existe un incremento en la mayoría de pruebas cuando se utilizaron aditivos en los combustibles comerciales.
- Los resultados obtenidos después de las pruebas dinamométricas demostraron que el aditivo Nos obtuvo mejor rendimiento en pruebas de potencia, sin embargo en pruebas de torque disminuye su eficiencia.
- El aditivo Liqui Moly obtuvo el mejor resultado en cuanto a pruebas de torque llevadas a cabo en el banco de pruebas dinamométrico.
- El aditivo Liqui Moly alcanzó el mayor poder calorífico encontrado en las pruebas realizadas en la bomba calorimétrica adiabática a las 12 combinaciones de combustibles más aditivos.
- Con el uso de aditivos y los resultados que se obtuvieron de acuerdo con datos de corpaire Quito el uso de aditivos no es recomendable puesto que el análisis de gases reprobó por condiciones ambientales.
- Se realizó las comparaciones y se investigaron fuentes bibliográficas que ayudaron a la elaboración exitosa del presente proyecto.
- El uso de aditivos reduce el consumo de combustible en el auto de pruebas.

## RECOMENDACIONES

- Para el uso del banco dinamométrico es importante calibrar el equipo bien antes de su uso, puesto que pueden salir valores erróneos.
- Chequear el motor del vehículo que se encuentre en óptimas condiciones antes de realizar las pruebas puesto que se obtendrán valores acertados y más confiables.
- Antes de usar el banco de pruebas estáticas dinamómetro, es necesario centrar bien el auto en los rodillos, no mover el volante para evitar cualquier accidente.
- Realizar tres pruebas de cada una para tener más certeza realizando un promedio y que los resultados no varíen mucho y sean más exactos.
- Mantener el auto a temperatura normal de funcionamiento cuando se vaya a realizar el análisis de gases puesto que esto ayudará a obtener resultados más precisos.
- En el uso de la bomba calorimétrica adiabática tener mucho cuidado con la manipulación del aparato, así también estar atentos en las temperaturas bajas y altas.
- Tener cuidado con la manipulación del combustible, tener en lugares ventilados debido a la volatilidad del mismo.
- Observar cuando se va a utilizar el dinamómetro encender el ventilador para que no se recaliente el vehículo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arias, M. (2004). *Manual de Automóviles*. Madrid: Dossat.
- Bauer, H., & Ortmann, R. (2003). *Técnica de gases de escape para motores gasolina*. Plochingen: Bosch.
- Bosch. (1999). *Manual de la técnica del automóvil*. Barcelona: Reverté.
- Bosch, R. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. Alemania: R. Bosch.
- Calvo Martín, J., & Miravete de Marco, A. (1997). *Mecánica del Automóvil*. México: Universidad de Zaragoza, Servicio de publicaciones, Centro Politécnico Superior.
- Crouse, W. (1993). *Mecánica del automóvil*. Barcelona: Marcombo S.A.
- E-Auto. (3 de Enero de 2017). *E-auto*. Obtenido de Sistema de Ignición Convencional: E-auto.com.mx
- González D. (2015). Madrid: Paraninfo.
- González, D. (2012). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Madrid: Paraninfo.
- INEN. (2008). Recuperado el 17 de enero de 2017, de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2311.2008.pdf>
- Kane. (4 de Enero de 2017). *Kane International Ltd*. Recuperado el 6 de Enero de 2017, de Kane International Ltd: <https://www.kane.co.uk/products/auto-plus-4-2-automotive-exhaust-gas-analyser>
- Liqui Moly. (2016). Recuperado el 27 de Enero de 2017, de <http://www.liquimoly.cl/ecommerce/index.php>
- Mays, E. (14 de 9 de 2016). *Conocimientos Básicos del Automóvil*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de Conocimientos Básicos del Automóvil: <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-15.html>
- Mena, L. (2011). *Compilador de ejercicios de motores de combustión interna Diesel-Gasolina*. Quito: Nueva Aurora.
- MOTORROLL. (13 de Enero de 2017). *MOTORROLL*. Recuperado el 9 de Enero de 2017, de MOTORROLL: <http://www.motorroll.com>

- NOS. (2016). Recuperado el 24 de Enero de 2017, de <http://www.nosperformancechemicals.com/>
- Pico. (3 de Enero de 2017). *Picoauto*. Recuperado el 1 de Febrero de 2017, de Primary igniton circuits - How to test: <https://www.picoauto.com/library/automotive-guided-tests/primary-voltage>
- Quaker State. (2016). Recuperado el 30 de enero de 2017, de <http://www.quakerstate.com.mx/automovilistas/aditivos-y-anticongelantes/27-incrementador-de-octanaje>
- Riú, A. (1981). *Enciclopedia del automóvil*. Buenos Aires: Mundo Técnico.
- Rodríguez, H.;. (4 de 10 de 2016). *Ingemecánica*. Recuperado el 22 de Diciembre de 2016, de La Potencia y el Par Motor: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn63.html>
- Rodríguez, J. (2012). *Mantenimiento de sistemas auxiliares del motor de ciclo Otto*. Málaga: IC Editorial.
- Rovira de Antonio, A., & Muñoz, M. (2015). *Motores de Combustión Interna*. Madrid: UNED - Universidad Naciona de Educación a Distancia.
- Sanz, S. (2011). *Motores*. Madrid: Editex.
- SPEEDWAY MOTORS. (22 de 9 de 2016). *SPEEDWAY MOTORS*. Recuperado el 12 de Enero de 2017, de <http://www.speedwaymotors.com/MSD-5520-Street-Fire-CDI-Ignition,9885.html>



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**CERTIFICACIÓN**


Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores, **ANDRÉS BARRENO ESPINOZA**, y **DARWIN WLADIMIR CRUZ GALLO**

En la ciudad de Latacunga a los: **22 días del mes de febrero del 2017.**

  
Ing. Luis Mena  
**DIRECTOR DEL PORYECTO**

Aprobado por:

  
  
Ing. Danilo Zambrano  
**DIRECTOR DE CARRERA**

  
Dr. Juan Carlos Díaz  
**SECRETARIO ACADÉMICO**